



Immer im direkten Zugriff.  
Technisches Wissen zum  
Nachschlagen.



Kompakt aufbereitet: allgemeines Basiswissen und technische Informationen zu den einzelnen Produktgruppen unseres Sortiments. Gerne liefern wir aktuelle Daten für bestimmte Produkte und spezifische Anwendungen auf Anfrage.

**Zu guter Letzt.** Dieses Kapitel versorgt Sie mit umfangreichem technischem Wissen und wichtigen, weiterführenden Informationen.

Ob Sie nun nach Eigenschaften, Auswahltabellen oder Handelsnamen suchen – hier erfahren Sie alles rund um Elastomere und Kunststoffe. Darüber hinaus finden Sie in diesem Kapitel praktische Informationen zur Klebe- und Dichtungstechnik genauso wie zur Schwingungsdämpfung. Arbeitsgrundlagen für die Schlauchtechnik und Berechnungsgrundlagen sowie Toleranzen in der Antriebstechnik runden das Kapitel ab. Da die Informationen produktübergreifend gelten, haben wir auf eine spezifische Zuordnung der technischen Daten verzichtet.

#### **Spezielle technische Daten auf Anfrage**

Die folgenden Seiten stellen lediglich einen Auszug dar. Die Auswahl beschränkt sich auf die wesentlichen Daten, die in der Regel keinen Änderungen unterliegen. Sollten Sie detaillierte Informationen zu einem bestimmten Produkt wünschen, melden Sie sich bitte bei uns. Wir senden Ihnen diese Daten gerne zu.

#### **Technische Daten für spezifische Anwendungen**

Die technischen Angaben beziehen sich auf Idealverhältnisse, sind unabhängig von spezifischen Einflüssen und liefern nur Anhaltspunkte. Für spezifische Anwendungen und Detailfragen wenden Sie sich bitte an Ihre REIFF Ansprechpartner, die Sie jederzeit gerne individuell beraten.

#### **ACHTUNG!**

Die in diesem Kapitel aufgeführten Informationen entsprechen dem aktuellen Stand der Technik und stellen das Ergebnis langjähriger Versuche und Erprobungen dar bzw. beruhen auf Beständigkeitsangaben für die aufgeführten Medien. Bitte beachten Sie, dass pauschal gemachte Beständigkeitsangaben nicht alle Medien und Temperaturen einschließen können und von diversen Einflüssen abhängen. Die individuellen Einsatzbedingungen beeinflussen den üblichen Gebrauch, so dass diese nur jene Sicherheit bieten können, die Sie nach den schriftlichen Produktinformationen erwarten können. Im Zweifelsfall müssen die Angaben für den individuellen Einsatz überprüft werden. Bei unsachgemäßer Behandlung wie Quetschen, Reißen, Ziehen sowie Belastung mit nicht zulässigen Medien wird keine Haftung übernommen.

### **Der direkte Einstieg ins Kapitel**

#### **Allgemeine Werte**

Einheiten und Berechnungen	13/5
----------------------------	------

#### **Materialprüfnormen 13/11**

#### **Elastomere/Thermoplaste**

Verarbeitung	13/12
--------------	-------

Allgemeine Informationen	13/13
--------------------------	-------

Toleranzen für Fertigteile	13/26
----------------------------	-------

Richtlinien –	
---------------	--

Lagerung, Reinigung, Wartung	13/28
------------------------------	-------

Berechnung Gummifedern	13/30
------------------------	-------

Fertigungstoleranzen für extrudierte Profile	13/31
--	-------

Chemische Beständigkeit	13/32
-------------------------	-------

#### **Kunststoffe**

Klassifizierung Thermoplaste	13/46
------------------------------	-------

Auswahlkriterien	13/47
------------------	-------

Sonderzulassungen	13/55
-------------------	-------

Mechanische Eigenschaften	13/58
---------------------------	-------

Zulässige Toleranzen –	
------------------------	--

Kunststoffhalbzeuge	13/63
---------------------	-------

Werkstoffkennwerte Thermoplaste	13/64
---------------------------------	-------

Leitfähige Kunststoffe	13/96
------------------------	-------

Duroplaste	13/99
------------	-------

Polyurethane	13/104
--------------	--------

Bearbeitungshinweise	13/106
----------------------	--------

#### **Klebetchnik**

Klebstofftechnologien	13/110
-----------------------	--------

Kleben von Kunststoffen	13/114
-------------------------	--------

Kleben von Metall, Gummi, Glas	13/116
--------------------------------	--------

Fehler beim Kleben	13/118
--------------------	--------

Konstruktionsbetrachtungen	13/120
----------------------------	--------

#### **Dichtungstechnik**

Chemische-/Technische Dichtstoffe	13/126
-----------------------------------	--------

Statische Dichtungssysteme	13/132
----------------------------	--------

O-Ringe, Null-Ringe, Runddichtringe	13/135
-------------------------------------	--------

Auslegung elastomere Dichtungen	13/136,139
---------------------------------	------------

Kenndaten und Prüfungen Elastomer-Werkstoffe	13/137
--	--------

Einflussparameter Härtemessung	13/138
--------------------------------	--------

Übersicht Richtlinien	13/140
-----------------------	--------

	13/141
--	--------

	13/141
--	--------

#### **Schwingungsdämpfung 13/141**

#### **Antriebstechnik**

Vorspannkraft	13/147
---------------	--------

Berechnungen	13/149
--------------	--------

Toleranzen	13/151
------------	--------

E-Zugträger/Zahnriemen-Werkstoffe	13/153
-----------------------------------	--------

Zahnscheiben-Werkstoffe	13/154
-------------------------	--------

Zahnriemenführungen, Klemmverbinder	13/155
-------------------------------------	--------

	13/155
--	--------

#### **Schlauchtechnik**

Aufbau	13/157
--------	--------

Druckangaben	13/157
--------------	--------

Lagerung, Umgang und Prüfungen	13/158
--------------------------------	--------

Fachbegriffe	13/160
--------------	--------

Schlaucharmaturen	13/162
-------------------	--------

Dampf und Heißwasser –	
------------------------	--

Hinweise/Besonderheiten	13/163
-------------------------	--------

Schlauch-Nennweiten Diagramm	13/164
------------------------------	--------

Toleranzen	13/165
------------	--------

Hydraulik-Schlauchleitungen	13/166
-----------------------------	--------

Einbauhinweise für	
--------------------	--

Schlauchleitungen	13/169
-------------------	--------

## **Hinweise und Bedingungen für die Tabellen und Listen in „Technisches Wissen“**

Die Angaben für sämtliche Tabellen und Listen sollen einen allgemeinen Überblick über die Eigenschaften der Produkte verschaffen und einen schnellen allgemeinen Werkstoffvergleich ermöglichen, und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Sie stellen in keinem Fall eine rechtliche, verbindliche Zusicherung bezüglich der benannten und aufgeführten Eigenschaften der benannten Produkte oder deren Eignung zur Anwendung in einem konkreten Einzelfall dar.

Alle genannten Werte wurden als Durchschnittswerte aus vielen Einzelmessungen ermittelt und beziehen sich auf eine Temperatur von 23 °C und 50 % RF.

Für den spezifizierten Anwendungsfall empfehlen wir den Eignungsnachweis durch einen praktischen Versuch, aufgrund der starken Abhängigkeit von Umgebungseinflüssen und der Hersteller gegebenen Produkt-Unterschiedlichkeiten in ihrer Konsistenz, Mischung und Molekularstruktur.

# Allgemeine Bezeichnungen, Formeln und Einheiten

## Si- und gesetzliche Einheiten

Größe	Formelzeichen	SI-Einheit		Gesetzliche Einheit		Alte Einheit		Beziehung
		Name	Zeichen	Name	Zeichen	Name	Zeichen	
Arbeit, Energie	W, E	Joule	J	Kilowattstd.	kWh	PS-Stunde Erg	PSh erg	1 J = 1 Nm = 1 Ws = 10 <sup>7</sup> erg 1 kWh = 3,6 x 10 <sup>6</sup> J = 3,6 MJ 1 PSh = 2,64780 x 10 <sup>6</sup> J 1 erg = 10 <sup>-7</sup> J
Wärmemenge	Q	Joule	J			Kalorie	cal	1 cal = 4,1868 J = 1,163 x 10 <sup>-3</sup> Wh
Drehmoment	M	Newtonmeter oder Joule	Nm J			Kilopondmeter	kpm	1 kpm = 9,806665 J
Biegemoment atomare Energie	M <sub>b</sub> E			Elektronvolt	eV			1 eV = 0,16021917 x 10 <sup>-18</sup> J
Leistung, Energiestrom	P	Watt	W					1 W = 1 J/s = 1 Nm/s = 1 kg m <sup>2</sup> /s <sup>3</sup>
Scheinleistung	S			Voltampere Var**)	VA var	Pferdestärke	PS	1 PS = 0,73549875 kW
Blindleistung	Q					Blindwatt	bW	1 VA = 1 W bei Scheinleistung 1 bW = 1 var = 1 W bei Blindleistung
Wärmestrom	Φ	Watt	W			Kalorie durch Stunde	cal/h	1 kcal/h = 1,163 W
dynamische Viskosität	η	Pascalsekunde	Pas			Poise	P	1 cP = 1 mPas = 10 <sup>-3</sup> Ns/m <sup>2</sup>
kinematische Viskosität	ψ	Quadratmeter pro Sekunde	m <sup>2</sup> /s			Stokes	St	1 cSt = 1 mm <sup>2</sup> /s = 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s
thermo- dynamische Temperatur	T	Kelvin	K			Grad Kelvin	°K	1°K = 1 K
Celsius- Temperatur	ρ, t			Grad-Celsius	°C	Grad Rankine	°R, °Rk	1°R = 1°Rk = 5/9 K ρ = T - T <sub>0</sub> , T <sub>0</sub> = 273,15 K
Temperatur- intervall und Temperatur- differenz	Δu, Δt oder Δt		K		°C	Grad	grad	Δu = ΔT, dabei gilt: 1 K = 1 °C = 1 grad In Gleichungen ist K zu verwenden
Fahrenheit- Temperatur	u <sub>F</sub>					Grad Fahrenheit	°F	u <sub>F</sub> = 9/5q + 32 = 9/5 T - 459,67
Réaumur-Temp.	u <sub>R</sub>					Grad Réaumur	°R	u <sub>R</sub> = 4/5q, 1°R = 5/4 °C
elektr. Ladung	Q	Coulomb	C			Franklin	Fr	1 C = 1 As 1 Fr = 1/3 · 10 <sup>-9</sup> C = 1/3 · 10 <sup>-9</sup> As
elektr. Fluss	ψ			Amperestd.	Ah			1 Ah = 3,6 N 10 <sup>3</sup> As = 3,6 kAs
Elektrizitäts- menge	Q							
elektr. Stromstärke	θ	Ampere	A			Biot	Bi	1 Bi = 10 A
elektr. Durchflutung	u					Ampere- windungen	AW	1 AW = 1 A
magn. Spannung	V					Gilbert	Gb	1 GB = 1 Oe cm = $\frac{10}{4\pi}$ A
elektr. Spannung	U	Volt	V					1 V = 1 W/A = 1 Ah = 1 kg m <sup>2</sup> /As <sup>3</sup>
elektr. Potential	ϖ							
elektr. Kapazität	C	Farad	F					1 F = 1 C/V = 1 Ss = 1 H/Ω <sup>2</sup>
elektr. Widerstand, Resistenz	R	Ohm	Ω					1 h = 1/S = 1 V/A = 1 W/A <sup>2</sup>
Blendwiderstand, Reaktanz	X							
Scheinwider- stand, Impedanz	Z							
Wellenwiderstand	Γ							
elektr. Leitwert, Konduktanz	G	Siemens	S					1 S = 1/Ω = 1 A/V = 1 W/V <sup>2</sup> = 1 A <sup>2</sup> /W = 1 C/Wb = 1s/H
Blindleitwert, Suszeptanz	B							
Scheinleitwert, Admittanz	Y							

Fortsetzung ▶

# Allgemeine Bezeichnungen, Formeln und Einheiten

## Fortsetzung: Si- und gesetzliche Einheiten

Größe	Formelzeichen	SI-Einheit		Gesetzliche Einheit		Alte Einheit		Beziehung			
		Name	Zeichen	Name	Zeichen	Name	Zeichen				
Länge	l	Meter	m	Mikrometer	µm	Angström	Å	1 Å = 10 <sup>-10</sup> m			
				Millimeter	mm				typogr. Punkt	p	1 p = $\frac{1,000333}{2660}$ m = 0,376065 mm
				Zentimeter	cm				Siegbahn-X-Einheit	X-E	1 X-E = 1,00202 b <sup>N</sup> 10 <sup>-13</sup> m
				Dezimeter	dm				Zoll (inch)	in	1 in = 25,4 mm
				Kilometer	km				Fuß (foot)	ft	1 ft = 30,48 cm
									Faden (fathom)	fathom	1 fathom = 1,8288 m
									Meile (mile)	mil	1 mil = 1609,344 m
									Seemeile	sm	1 sm = 1,852 km
reziproke Länge	1/l	reziprokes Meter	1/m	Dioptrie	dpt			1 dpt = 1/m bei optischen Systemen			
Fläche, Querschnittsfläche; Fläche von Grundstücken; atomarer Wirkungsquerschnitt	A, q  σ	Quadratmeter	m <sup>2</sup>	Ar	a	Barn	b	1 a = 10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>			
				Hektar	ha			1 ha = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>			
								1 b = 10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>			
Volumen	V	Kubikmeter	m <sup>3</sup>	Liter	l			1 l = 1 dm <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>			
Normvolumen	V <sub>n</sub>					Normkubikmeter Kubikmeter	Nm <sup>3</sup> cbm	1 Nm <sup>3</sup> = 1 m <sup>3</sup> im Normzustand 1 cbm = 1 m <sup>3</sup>			
Zeit, Zeitspanne Dauer	t	Sekunde	s	Minute*)	min			1 min = 60 s			
				Stunde*)	h			1 h = 60 min = 3600 s			
				Tag*)	d			1 d = 24 h = 86400 s			
				Jahr*)	a			1 a = 8765,8 h = 31,557 N 10 <sup>6</sup> s			
Frequenz, Kehrwert der Periodendauer Kreisfrequenz Winkel- geschwindigkeit	f  ω ω	Hertz	Hz					1 Hz = 1/s bei Angabe von Frequenzen in Größengleichungen			
				reziproke Sek.	1/s			v = 2π f			
				Radian pro Sek.	rad/s			v = 2π n			
ebener Winkel	α, β, γ	Radikant	rad*)	Vollwinkel	pla	rechter Winkel*)	L	1 rad = 1 m/m = 57,296° = 63,662 gon 1 pla = 2π rad 1 L = $\frac{1}{4}$ pla = (π/2) rad			
				Grad	°	Altgrad		1° = $\frac{1L}{90} = \frac{1pla}{360} = \frac{\pi}{360}$ rad 1' = 1°/60 1" = 1'/60 = 1°/3600			
				Minute	'	Neugrad	g	1 gon = 1 g = $\frac{1L}{100} = \frac{1pla}{400} = \frac{\pi}{200}$ rad			
				Sekunde	"	Neuminute	a	1° = 10 <sup>-2</sup> gon			
				Gon	gon	Neusekunde	cc	1 <sup>cc</sup> = (10 <sup>-2</sup> ) <sup>c</sup> = 10 <sup>-4</sup> gon			
						artillerist. Strich	-	1- = $\frac{1L}{3600} = \frac{\pi}{3200}$ rad = 0°3'22,5"			
						nautischer Strich	naut. Str.	1 naut. Str. = $\frac{1L}{8} = \frac{\pi}{16}$ rad = 11°15'			
						Dez	1 Dez	1 Dez = $\frac{1L}{9} = \frac{\pi}{18}$ rad = 10°			
räumlicher Winkel	Ω	Steradian	sr					1 sr = 1 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> 1 räuml. Vollwinkel = 4π sr			

\* Vorsätze dürfen hierfür nicht verwendet werden.

Fortsetzung ▶

# Allgemeine Bezeichnungen, Formeln und Einheiten

## Si- und gesetzliche Einheiten

Größe	Formelzeichen	Si-Einheit		Gesetzliche Einheit		Alte Einheit		Beziehung
		Name	Zeichen	Name	Zeichen	Name	Zeichen	
Drehzahl Drehgeschwindigkeit	n	reziproke Sek.	1/s					1/s = r/s = U/s
				Umdreh. pro Sek.	r/s*)	Umdreh. pro Sek.	U/s	
				Umdreh. pro Min.	r/min	Umdreh. pro Min.	U/min	
Geschwindigkeit	v	Meter pro Sek.	m/s	Kilometer durch Std.	km/h	Knoten	kn	1 m/s = 3,6 km/h 1 kn = 1 sm/h = 1,852 km/h
Fallbeschleunigung	g	Meter pro Sek. hoch zwei	m/s <sup>2</sup>			Gal	Gal	1 Gal = 1 cm/s <sup>2</sup> = 10 <sup>-2</sup> m/s <sup>2</sup>
Masse; Gewicht (als Wägeregebnis)	m	Kilogramm	kg					1 g = 10 <sup>-3</sup> kg 1 t = 1 Mg = 10 <sup>3</sup> kg 1 u = 1,660566 N 10 <sup>-27</sup> kg  1 Kt = 0,2 g = 0,2 N 10 <sup>-3</sup> kg 1 lb = 0,45359237 kg 1 £ = 0,5 kg 1 ztr = 50 kg 1 dz = 100 kg 1 hyl = 9,80665 g
				Gramm	g			
				Tonne	t			
				atomare Masseneinheit	u			
				metrisches Karat	Kt			
				pound			lb	
Pfund			£					
Zentner			ztr					
Doppelzentner			dz					
Hyl			hyl					
längenbezogene Masse bei Fäden und Garnen	m	Kilogramm pro Meter	kg/m					1 tex = 1 g/km = 10 <sup>-6</sup> kg/m 1 den = 1/9 tex = 1,9 g/km
				Tex	tex	Denier	den	
zeitbezogene Masse; Massenstrom	m	Kilogramm pro Sekunde	kg/s			Jahrestonne		1 Jahrestonne = 1 t/a
Kraft Gewichtskraft	F G	Newton	N					1 n = 1 kg/m/s <sup>2</sup> = 1 Ws/m = 1 J/m 1 dyn = 1 g cm/s <sup>2</sup> = 10 <sup>-5</sup> N 1 p = 9,80665 x 10 <sup>-3</sup> N 1 kp = 9,80665 N 1 Mp = 9806,65 N 1 kg* = 9,80665 N 1 t* = 9806,65 N
						Dyn	dyn	
						Pond	p	
						Kilopond	kp	
						Megapond	Mp	
						Kilogramm-Kraft	kg*	
		Tonne-Kraft	t*					
Kraft durch Fläche Druck in Fluiden	p	Pascal	Pa	Bar	bar			1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> = 1 kg/(ms <sup>2</sup> ) = 1 J/m <sup>3</sup> 1 bar = 10 <sup>5</sup> PA = 0,1 N/mm <sup>2</sup> 1 atm = 101325 Pa = 1,01325 bar 1 at = 98066,5 Pa = 0,980665 bar  1 Torr = $\frac{101325}{760}$ Pa = 1,333224 mbar 1 mWS = $\frac{9806,65}{760}$ Pa = 98,0665 mbar 1 mmHg = 133,322 Pa = 1,33322 mbar
						phys. Atmosphäre	atm	
						techn. Atmosphäre	at	
						Torr	Torr	
						konv. Meter-Wassersäule	mWS	
						konv. Millimeter-Quecksilbersäule****)	mmHg	
Druck, absolut Überdruck*) mech. Spannung, Festigkeit	pabs pe σ	Newton pro Quadratmeter oder Pascal	N/m <sup>2</sup> Pa	Newton pro Quadratmillimeter	N/mm <sup>2</sup>			1 ata = 0,980665 bar 1 atü = 0,980665 bar 1 N/mm <sup>2</sup> = 1 MPa = 10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup> 1 kp/cm <sup>2</sup> = 0,0980665 N/mm <sup>2</sup> 1 kp/mm <sup>2</sup> = 9,80665 N/mm <sup>2</sup>
							ata	
							atü	
							kp/cm <sup>2</sup>	
			kp/mm <sup>2</sup>					

\* Die Art des Druckes wird durch einen Index am Formelzeichen gekennzeichnet.

\*\* Kunstwort aus Volt-Ampere-reaktiv

\*\*\* für den Blutdruck zugelassen bis 31.12.1979

Fortsetzung ▶

# Allgemeine Bezeichnungen, Formeln und Einheiten

## Fortsetzung: Si- und gesetzliche Einheiten

Größe	Formelzeichen	SI-Einheit		Gesetzliche Einheit		Alte Einheit		Beziehung	
		Name	Zeichen	Name	Zeichen	Name	Zeichen		
magnetische Feldstärke	H	Ampere pro Meter	A/m	Ampere pro Zentimeter	A/cm	Oerstedt	Oe	$1 \text{ Oe} = \frac{10}{4\pi} \text{ A/cm} \frac{10^3}{4\pi} = \text{A/m}$	
magnetischer Fluss	$\Phi$	Weber	Wb	Voltsekunde	Vs	Maxwell	M	$1 \text{ WB} = 1 \text{ Vs} = 1 \text{ Tm}^2 = 1 \text{ AH}$ $1 \text{ M} = 10^{-8} \text{ Wb}$	
magn. Flussdichte magn. Induktion	B	Tesla	T			Gauß	G	$1 \text{ T} = 1 \text{ WB/m}^2 = 1 \text{ VS/m}^2$ $1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$	
Induktivität, mag. Leitwert	L $\Delta$	Henry	H					$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A} = 1 \text{ } \Omega \text{ s} = 1 \text{ F } \Omega \text{ s}^2 = 1 \text{ s/S}$	
Lichtstärke	I	Candela	cd			Hefnerkerze Internat. Kerze	HK IK	$1 \text{ HK} = 0,903 \text{ cd}$ $1 \text{ IK} = 1,019 \text{ cd}$	
Leuchtdichte	L	Candela pro Quadratmeter	cd/m <sup>2</sup>			Nit Stilb Apostilb (Blondel) Lambert	nt sb asb L	$1 \text{ nt} = 1 \text{ cd/m}^2$ $1 \text{ sb} = 10^4 \text{ cd/m}^2$ $1 \text{ asb} = \frac{1}{\pi} \text{ cd/m}^2$ $1 \text{ L} = \frac{1}{\pi} \text{ sb} = \frac{10^4}{\pi} = \text{cd/m}^2$	
Lichtstrom	$\Phi$	Lumen	lm					$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd sr}$	
Beleuchtungsstärke	E	Lux	lx			Phot	ph	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ $1 \text{ ph} = 1 \text{ lm/cm}^2 = 10^4 \text{ lx}$	
Aktivität einer radioaktiven Substanz	A	Bequerel	Bq			Curie*)	Ci	$1 \text{ Ci} = 3,7 \text{ N } 10^{10} \text{ Bq} = 37 \text{ GBq}$ $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$	
Energiedosis	D	Gray	Gy	Zentijoule pro Kilogramm	cJ/kg			$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$	
						Rad*)	rd	$1 \text{ rd} = 10^{-2} \text{ J/kg} = 1 \text{ cGy}$	
Äquivalentdosis	Dq	Joule pro Kilogramm	J/kg	Zentijoule pro Kilogramm	cJ/kg	Rem*)	rem	$1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ J/kg} = 1 \text{ cJ/kg}$	
Energiedosisrate	D	Gray pro Sekunde	Gy/s		cJ/	Rad pro Stunde*)	rd/h	$1 \text{ rd/h} = 2,77 \text{ } \mu\text{Gy/s}$	
Energiedosisleistung					(kg h)	Rad pro Sek.*)	rd/s	$1 \text{ rd/s} = 1 \text{ cGy/s}$	
Äquivalentdosisrate	Dq	Watt pro Kilogramm	W/kg		cJ/	Rem pro Stunde*)	rem/h	$1 \text{ rem/h} = 1 \text{ cJ/(kg h)} = 2,77 \text{ } \mu\text{W/kg}$	
					(kg h)	Rem pro Sek.*)	rem/s	$1 \text{ rem/s} = 1 \text{ cW/kg}$	
Äquivalentdosisleistung									
Ionendosis	J	Coulomb pro Kilogramm	C/kg			Röntgen*)	R	$1 \text{ R} = 258 \text{ N } 10^{-6} \text{ C/kg} = 258 \text{ } \mu\text{C/kg}$	
Stoffmenge	n	Mol	mol						

\* zugelassen bis 31.12.1985

# Umrechnungstabellen anglo-amerikanische Einheiten

## Inch (Zoll) – Millimeter

Inches	(Zoll)	Millimeter	Inches	(Zoll)	Millimeter	Inches	(Zoll)	Millimeter	Inches	(Zoll)	Millimeter
1/64	0,016	0,397	17/64	0,266	6,747	33/64	0,516	13,097	49/64	0,766	19,447
1/32	0,031	0,794	9/32	0,281	7,144	17/32	0,531	13,494	25/32	0,781	19,844
3/64	0,047	1,191	19/64	0,297	7,541	35/64	0,547	13,891	51/64	0,797	20,241
1/16	0,063	1,588	5/16	0,313	7,938	9/16	0,563	14,288	13/16	0,813	20,638
5/64	0,078	1,984	21/64	0,328	8,334	37/64	0,578	14,684	53/64	0,828	21,034
3/32	0,094	2,381	11/32	0,344	8,731	19/32	0,594	15,081	27/32	0,844	21,431
7/64	0,109	2,778	23/64	0,359	9,128	39/64	0,609	15,478	55/64	0,859	21,828
1/8	0,125	3,175	3/8	0,375	9,525	5/8	0,625	15,876	7/8	0,875	22,225
9/64	0,141	3,572	29/64	0,391	9,922	41/64	0,641	16,272	57/64	0,891	22,622
5/32	0,156	3,969	13/32	0,406	10,319	21/32	0,656	16,669	29/32	0,906	23,019
11/64	0,172	4,366	27/64	0,422	10,716	43/64	0,672	17,066	59/64	0,922	23,416
3/16	0,188	4,763	7/16	0,438	11,113	11/16	0,688	17,463	15/16	0,938	23,813
13/64	0,203	5,159	29/64	0,453	11,509	45/64	0,703	17,859	61/64	0,953	24,209
7/32	0,219	5,556	15/32	0,469	11,906	23/32	0,719	18,256	31/32	0,969	24,606
15/64	0,234	5,953	31/64	0,484	12,303	47/64	0,734	18,653	63/64	0,984	25,003
1/4	0,250	6,350	1/2	0,500	12,700	3/4	0,750	19,050	1	1,000	25,400

## Pounds/Square Inch (psi)\* – bar

bar	0 psi	1 psi	2 psi	3 psi	4 psi	5 psi	6 psi	7 psi	8 psi	9 psi
0	–	14,5035	29,0070	43,5105	58,0140	72,5175	87,0210	101,5245	116,0280	130,5315
10	145,0350	159,5385	174,0420	188,5455	203,0490	217,5525	232,0560	246,5595	261,0630	275,5665
20	290,0700	304,5735	319,0770	333,5805	348,0840	362,5875	377,0910	391,5945	406,0980	420,6015
30	435,1050	449,6085	464,1120	478,6155	493,1190	507,6225	522,1260	536,6295	551,1330	565,6365
40	580,1400	594,6435	609,1470	623,6505	638,1540	652,6575	667,1610	681,6645	696,1680	710,6715
50	725,1750	739,6785	754,1820	768,6855	783,1890	797,6925	812,1960	826,6995	841,2030	855,7065
60	870,2100	884,7135	899,2170	913,7205	928,2240	942,7275	957,2310	971,7345	986,2380	1000,7415
70	1015,2450	1029,7485	1044,2520	1058,7555	1073,2590	1087,7625	1102,2660	1116,7695	1131,2730	1145,7765
80	1160,2800	1174,7835	1189,2870	1203,7905	1218,2940	1232,7975	1247,3010	1261,8045	1276,3080	1290,8115
90	1305,3150	1319,8185	1334,3220	1348,8255	1363,3290	1377,8325	1392,3360	1406,8395	1421,3430	1435,8465
100	1450,3500	1464,8535	1479,3570	1493,8605	1508,3640	1522,8675	1537,3710	1551,8745	1566,3780	1580,8815

## bar\* – Pounds/Square Inch (psi)\*

psi	0 bar	1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar
0	–	0,0689	0,1378	0,2067	0,2756	0,3445	0,4134	0,4823	0,5512	0,6201
10	0,6890	0,7579	0,8268	0,8957	0,9646	1,0335	1,1024	1,1713	1,2402	1,3091
20	1,3780	1,4469	1,5158	1,5847	1,6536	1,7225	1,7914	1,8603	1,9292	1,9981
30	2,0670	2,1359	2,2048	2,2737	2,3426	2,4115	2,4804	2,5493	2,6182	2,6871
40	2,7560	2,8249	2,8938	2,9627	3,0316	3,1005	3,1694	3,2383	3,3072	3,3761
50	3,4450	3,5139	3,5828	3,6517	3,7206	3,7895	3,8584	3,9273	3,9962	4,0651
60	4,1340	4,2029	4,2718	4,3407	4,4096	4,4785	4,5474	4,6163	4,6852	4,7541
70	4,8230	4,8919	4,9608	5,0297	5,0986	5,1675	5,2364	5,3053	5,3742	5,4431
80	5,5120	5,5809	5,6498	5,7187	5,7876	5,8565	5,9254	5,9943	6,0632	6,1321
90	6,2010	6,2699	6,3388	6,4077	6,4766	6,5455	6,6144	6,6833	6,7522	6,8211
100	6,8900	6,9589	7,0278	7,0967	7,1656	7,2345	7,3034	7,3723	7,4412	7,5101

In der Tabelle nicht ablesbare Werte von mehr als 100 bar/psi lassen sich leicht durch Verschiebung der Dezimalstellen ermitteln.

\* bar = 14,5035 psi



# Umrechnungstabellen anglo-amerikanische Einheiten

## Vorsätze und Vorsatzzeichen

da	= Deka	= 10 <sup>1</sup>	d	= Dezi	= 10 <sup>-1</sup>
h	= Hekto	= 10 <sup>2</sup>	c	= Zenti	= 10 <sup>-2</sup>
k	= Kilo	= 10 <sup>3</sup>	m	= Milli	= 10 <sup>-3</sup>
M	= Mega	= 10 <sup>6</sup>	μ	= Mikro	= 10 <sup>-6</sup>
G	= Giga	= 10 <sup>9</sup>	n	= Nano	= 10 <sup>-9</sup>
T	= Tera	= 10 <sup>12</sup>	p	= Piko	= 10 <sup>-12</sup>
P	= Peta	= 10 <sup>15</sup>	f	= Femto	= 10 <sup>-15</sup>
E	= Exa	= 10 <sup>18</sup>	a	= Atto	= 10 <sup>-18</sup>

## Länge

Einheit	in	ft	yd	mm	m	km
1 in	1	0,08333	0,027778	25,4	0,0254	–
1 ft	12	1	0,3333	304,8	0,3048	–
1 yd	36	3	1	914,4	0,9144	–
1 mm	0,03937	3281·10 <sup>-6</sup>	1094·10 <sup>-6</sup>	1	0,001	10 <sup>-6</sup>
1 m	39,37	3,281	1,094	1000	1	0,001
1 km	39370	3281	1094	10 <sup>6</sup>	1000	1

## Volumen

Einheit	cu in	cu ft	cu yd	cm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
1 cu in	1	5,786·10 <sup>-4</sup>	2,144·10 <sup>-5</sup>	16,39	0,01639	1,64·10 <sup>-5</sup>
1 cu ft	1728	1	0,037	28316	28,32	0,0283
1 cu yd	46656	27	1	764555	764,55	0,7646
1 cm <sup>3</sup>	0,06102	3532·10 <sup>-3</sup>	1,31·10 <sup>-6</sup>	1	0,001	10 <sup>-6</sup>
1 dm <sup>3</sup>	61,02	0,03532	0,00131	1000	1	0,001
1 m <sup>3</sup>	61023	35,32	1,307	10 <sup>6</sup>	1000	1

## Fläche

Einheit	sq in	sq ft	sq yd	cm <sup>2</sup>	dm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
1 sq in	1	6,944·10 <sup>-3</sup>	0,772·10 <sup>-3</sup>	6,452	0,06452	64,5·10 <sup>-5</sup>
1 sq ft	144	1	0,1111	929	9,29	0,0929
1 sq yd	1296	9	1	8361	83,61	0,8361
1 cm <sup>2</sup>	0,155	1,076·10 <sup>-3</sup>	1,197·10 <sup>-4</sup>	1	0,01	0,0001
1 dm <sup>2</sup>	15,5	0,1076	0,01196	100	1	0,01
1 m <sup>2</sup>	1550	10,76	1,196	10000	100	1

## Masse

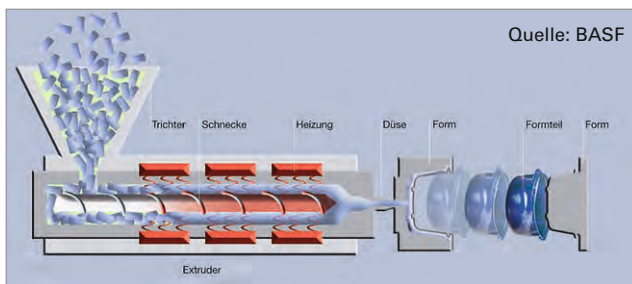
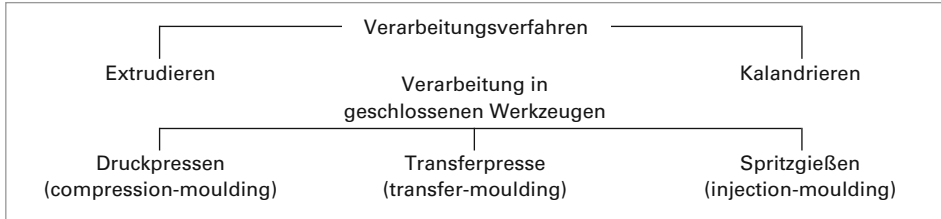
Einheit	dram	oz	lb	g	kg	Mg
1 dram	1	0,0625	0,003906	1,772	0,00177	1,77·10 <sup>-6</sup>
1 oz	16	1	0,0625	28,35	0,02832	28,3·10 <sup>-6</sup>
1 lb	256	16	1	453,6	0,4531	4,53·10 <sup>-4</sup>
g	0,5643	0,03527	0,002205	1	0,001	10 <sup>-6</sup>
kg	564,3	35,27	2,205	1000	1	0,001
Mg	564,4·10 <sup>3</sup>	35270	2205	10 <sup>6</sup>	1000	1

# Materialprüfnormen

DIN – Normen	DIN EN/ISO Normen	Titel
	ISO 1382	Kautschuk-Wörterbuch
	DIN EN ISO 1043	Kunststoffe – Kennbuchstaben und Kurzzeichen
	DIN ISO 3302	Gummi-Toleranzen für Fertigteile
7716		Erzeugnisse aus Kautschuk und Gummi; Anforderungen an die Lagerung, Reinigung und Wartung
	DIN EN ISO 527	Kunststoffe – Bestimmung der Zugeigenschaften
53504		Prüfung von Kautschuk und Elastomeren; Bestimmung von Reißfestigkeit, Zugfestigkeit, Reißdehnung und Spannungswerten im Zugversuch
	DIN ISO 132	Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung der Rissbildung und Risswachstum (De Mattia)
	DIN EN 12814	Prüfung von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen
	DIN EN ISO 175	Kunststoffe – Prüfverfahren zur Bestimmung des Verhaltens gegen flüssige Chemikalien
	DIN ISO 1817	Elastomere – Bestimmung des Verhaltens gegenüber Flüssigkeiten
	DIN EN ISO 62	Kunststoffe – Bestimmung der Wasseraufnahme
	DIN EN ISO 1183	Kunststoffe – Verfahren zur Bestimmung der Dichte von nicht verschäumten Kunststoffen
	DIN EN ISO 75	Kunststoffe – Bestimmung der Wärmeformbeständigkeitstemperatur
	DIN EN ISO 306	Kunststoffe-Thermoplaste Bestimmung der Vicat-Erweichungstemperatur
	DIN ISO 7619	Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Bestimmung der Eindringhärte
	DIN EN ISO 868	Kunststoffe und Hartgummi Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer
	DIN ISO 48	Elastomere oder thermoplastische Elastomere Bestimmung der Härte nach IRHD
	DIN EN ISO 2039	Kunststoffe – Bestimmung der Härte – Kugeleindruckversuch
DIN 53508		Prüfung von Kautschuk und Elastomeren – künstliche Alterung
	ISO 188	Elastomere oder thermoplastische Elastomere – Widerstand gegen Ozonrissbildung
	DIN ISO 1431	Prüfung von Kautschuk und Elastomeren – Widerstand gegen Ozonrissbildung
DIN 53512		Prüfung von Kautschuk und Elastomeren Bestimmung der Rückprall-Elastizität
	ISO 4662	Kautschuk; Bestimmung der Rückprall-Elastizität von Vulkanisaten
DIN 53754		Prüfung von Kunststoffen Bestimmung des Abriebs nach dem Reibradverfahren
	DIN ISO 815	Elastomere Bestimmung des Druckverformungsrestes bei Umgebungs-, erhöhten oder niedrigen Temperaturen
	DIN ISO 2285	Elastomere oder thermoplastische Elastomere Bestimmung des Zugverformungsrestes unter konstanter Dehnung und des Zugverformungsrestes, der Dehnung und des Fließens unter konstanter Zugbelastung
DIN 53536		Prüfung von Kautschuk und Elastomeren Bestimmung der Gasdurchlässigkeit
DIN 53483		Prüfung von Isolierstoffen Bestimmung der dielektrischen Eigenschaften
	DIN EN 60343	Empfohlene Prüfverfahren zur Bestimmung der relativen Beständigkeit isolierender Werkstoffe gegen Durchschlag infolge Oberflächenteilentladung
	DIN VDE 0303–5	Prüfung von Isolierstoffen; Niederspannungs-Hochstrom-Lichtbogenprüfung

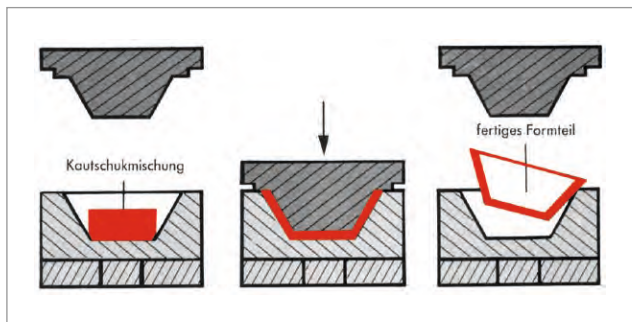
# Verarbeitung

## Elastomere/Thermoplaste



### 1. Extrudieren

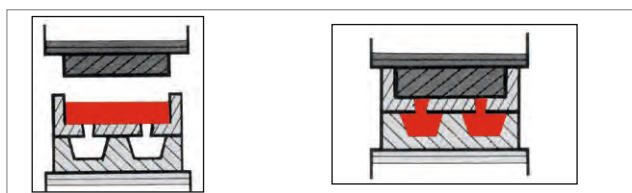
Ein Verfahren, das zur Herstellung endlos geformter Gummi-Stränge wie z. B. Schläuche, Profile oder Kabel dient. Die Kautschukmischung, die verarbeitet werden soll, wird in Form von Fütterstreifen oder als Granulat über einen Einfülltrichter in einen temperierten Zylinder eingeführt. Hier wird das Material durch eine sich drehende Schnecke plastifiziert, erwärmt und homogenisiert. Durch den von der Schnecke aufgebauten Druck wird die Masse aus der Öffnung gepresst und erhält dabei ihre Form. Die extrudierten Stränge werden dann in einem kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Verfahren vulkanisiert.



### 2. Verarbeitung in geschlossenen Werkzeugen

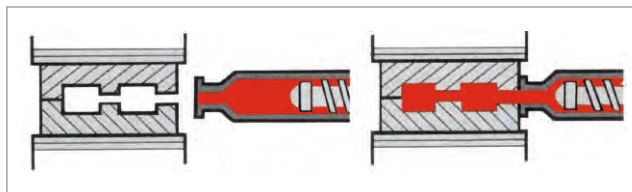
#### 2.1. Druckpressen (compression-moulding)

Beim herkömmlichen Pressverfahren wird ein in Form und Gewicht vorbereiteter Mischungsrohling in das geöffnete Werkzeug gelegt und unter hohem Druck verpresst. Da das Material nur relativ kalt in das Werkzeug eingelegt werden kann, muss die zur Vulkanisation erforderliche Wärmemenge über die Werkzeugoberfläche zugeführt und solange aufrechterhalten werden, bis der gewünschte Vulkanisationsgrad erreicht ist. Der Nachteil dieser Fertigungsmethode ist neben den langen Zykluszeiten ein verhältnismäßig starker Austrieb, was hohen Materialbedarf und erhebliche Nachbearbeitung zur Folge hat.



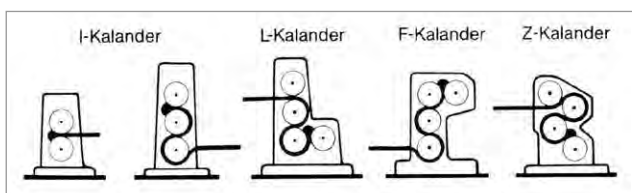
#### 2.2. Transferpressen (transfer-moulding)

Beim Transferpressen wird die Kautschukmischung in einen, über oder unter der Werkzeugform angebrachten, Hohlraum gefüllt. Schließt man die Presse, so drückt ein Kolben die Mischung über Angusskanäle in die auf Vulkanisationstemperatur gehaltene Werkzeugform (Nest). Der erforderliche Druck ist hier höher als beim herkömmlichen Druckpressen.



#### 2.3. Spritzgießverfahren (injection-moulding)

Das Spritzgießen von Kautschukmischungen erfolgt auf Kolben- und Schneckenspritzgussmaschinen. Die Schnecke knetet und durchmischt die unvulkanisierte Formmasse, die dabei plastifiziert und homogen durchwärmt wird. Das warme Kautschukmaterial ermöglicht kürzere Vulkanisationszeiten. Da ein Austrieb weitgehend vermieden wird, spart man 10 – 20 % Material. Die Qualität der Artikel kann sich verbessern, weil die thermische Belastung beim kürzeren Vulkanisationsvorgang u. U. geringer ist und die gespritzten Produkte eine größere Maßgenauigkeit haben.



### 3. Kalandrieren

Kalender sind Walzwerke mit zwei oder mehr zylindrischen und konvexen Walzen. Sie dienen zum Auswalzen von Mischungen unter Druck und mäßiger Temperatur. In der Gummiindustrie setzt man Kalender, zum Ziehen von Platten, Streifen, Folienbahnen, zur Gummierung von Geweben und zum Doublieren von Folien oder Platten ein. Je nach Art der Walzenanordnung unterscheidet man I-, L-, F- oder Z-Form-Kalender.

# Allgemeine Informationen

## Materialbeschreibungen

### Thermoplaste

**Thermoplaste** (Singular: der Thermoplast) sind Kunststoffe, die sich in einem bestimmten Temperaturbereich einfach (thermoplastisch) verformen lassen. Dieser Vorgang ist reversibel, das heißt er kann durch Abkühlung und Wiedererwärmung bis in den schmelzflüssigen Zustand beliebig oft wiederholt werden, solange nicht durch Überhitzung die sog. thermische Zersetzung des Materials einsetzt. Darin unterscheiden sich Thermoplaste von den Duroplasten und Elastomeren.

### Aufbau und Einteilung

Thermoplaste sind aus wenig oder nicht verzweigten, also linearen Kohlenstoffketten aufgebaut, die nur durch schwache physikalische Bindungen miteinander verbunden sind.

Diese Bindungskräfte sind wirksamer, wenn die Ketten parallel ausgerichtet sind. Solche Bereiche nennt man kristallin; im Gegensatz zu amorphen (ungeordneten) Bereichen, in denen die Makromoleküle verknäult vorliegen. Werden verschiedene Thermoplaste miteinander vermischt, so nennt man das Produkt ein Polyblend. Thermoplaste lassen sich bei Einwirkung von Wärme und Druck verschweißen, dies ist mit oder ohne Zusatzwerkstoff möglich. Die zu verschweißenden Werkstoffe werden dabei über ihre Schmelztemperatur hinaus erwärmt und in einen fließfähigen Zustand gebracht. Da dies für unterschiedliche Kunststoffe bei verschiedenen Temperaturen geschieht, können neben artgleichen nur Kunststoffe mit ähnlichen Schmelzindizes miteinander verschweißt werden, z. B. PMMA mit PVC.

### Duroplaste

**Duroplaste**, auch **Duromere** genannt, sind Kunststoffe, die nach ihrer Aushärtung nicht mehr verformt werden können. Duroplaste sind harte, glasartige Polymerwerkstoffe, die über chemische Hauptvalenzbindungen dreidimensional fest vernetzt sind. Die Vernetzung erfolgt beim Mischen von Vorprodukten mit Verzweigungsstellen und wird entweder bei Raumtemperatur mit Hilfe von Katalysatoren chemisch oder bei hohen Temperaturen thermisch aktiviert.

Duromere bilden eine von drei Gruppen, in die Polymere eingeteilt werden. Man unterscheidet hierbei je nach dem Vernetzungsgrad zwischen den makromolekularen Hauptketten nach Thermoplasten, Elastomeren und Duroplasten. Während die Thermoplaste keine Vernetzungsstellen aufweisen und daher aufschmelzbar sind, können Elastomere und Duroplaste aufgrund ihrer Vernetzung nicht aufgeschmolzen werden und zerfallen nach Überschreiten der Zersetzungstemperatur (Pyrolyse).

Duroplaste werden oft mittels Polykondensation hergestellt. Bei einem Aushärtungsprozess bilden sich hierbei lineare Kettenmoleküle, die sich auch untereinander dreidimensional vernetzen und dabei eine stabile Struktur bilden. Nach dem Aushärten können sie ihre Form nicht mehr verändern. Auf mechanische Einwirkung reagieren sie mit Rissen oder Sprüngen. Durch während der Polykondensation entstehende Spaltprodukte werfen Duroplaste anfangs oft Blasen. Zusätzlich neigen einige zum Schrumpfen, Springen und Zerbröseln. Letzteres liegt in dem Abbau von während der Herstellung entstehenden Eigenspannungen begründet.

### Elastomere

**Elastomere** (Singular: das Elastomer) sind formfeste, aber elastisch verformbare Kunststoffe, deren Glasübergangspunkt sich unterhalb der Raumtemperatur befindet. Die Kunststoffe können sich bei Zug- und Druckbelastung elastisch verformen, finden aber danach wieder in ihre ursprüngliche, unverformte Gestalt zurück. Elastomere finden Verwendung als Material für Reifen, Gummibänder, Dichtungsringe etc.

Ursache der Elastizität ist überwiegend die Fähigkeit der geknäulten Polymerketten auf eine Zugbelastung mit einer Streckung bzw. Entflechtung der Ketten zu reagieren. Nach Abfall der Zugbelastung relaxieren die Ketten wieder in ihren statistisch bevorzugten knäulartigen Zustand zurück. Dieses Phänomen äußert sich durch ein Strecken unter Zugspannung und das anschließende Zusammenziehen nach Abfall der Spannung. Um ein Aneinander vorbeigleiten der Ketten unter der Zugbelastung zu vermeiden, werden die Ketten bei Gummi durch Schwefelbrücken untereinander verbunden. Beim Zusatz von viel Schwefel bei der Vulkanisation entsteht somit Hartgummi, bei der Zugabe von wenig Schwefel Weichgummi.

### Entropie-Elastizität

Bei Polymeren handelt es sich um sehr lange „Kettenmoleküle“. Entlang dieser Ketten sind die einzelnen Kettenelemente gegeneinander drehbar. Bei Elastomeren ist diese „Drehbarkeit“ so stark ausgeprägt, dass die Moleküle sich zu einem sogenannten Polymerknäuel verdrillen. Dieses Bestreben hat keine energetische Ursache, sondern ist lediglich das Resultat der in völlig zufällige Richtungen erfolgenden Drehbewegung entlang der Kette. Die Anordnung der einzelnen Atome der Kette um das Zentrum des Moleküls entspricht dabei einer Gauss-Verteilung.

# Allgemeine Informationen

## Vergleich verschiedener Kunststoffgruppen

	Struktur	Erscheinungsform	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Verhalten beim Erwärmen	Verhalten beim Behandeln mit Lösungsmitteln
Thermoplaste	lineare oder verzweigte Makromoleküle	teilkristallin: biegsam bis hornartig: trüb, milchig bis opak; nur in dünnen Folien klar durchsichtig amorph: ungeteibt und ohne Zusätze glasklar: hart bis (z.B. bei Weichmacher-zusatz) gummielastisch	0,9 bis etwa 1,4  (Ausnahme PTFE: 2 – 2,3)  0,9 bis 1,9	erweichen; schmelzbar, dabei klar werdend; oft fadenziehend; schweißbar (Ausnahmen möglich)	quellbar, in der Regel in der Kälte schwer löslich, aber meist bei Erwärmen; z.B. Polyethylen in Xylol; von wenigen Ausnahmen abgesehen löslich in bestimmten organischen Lösungsmitteln, meist nach vorherigem Quellen
Duroplaste	(meist) engmaschig vernetzte Makromoleküle	hart; meist gefüllt und dann undurchsichtig; Füllstoff – frei transparent	1,2 bis 1,4: gefüllt 1,4 bis 2,0		
Elastomere	(meist) weitmaschig vernetzte Makromoleküle	gummielastisch dehnbar	0,8 bis 1,3	fließen nicht bis nahe an die Zersetzungstemperatur	unlöslich; oft aber quellbar

Als grobes Maß für die Härte eines Kunststoffs kann das Verhalten beim Ritzen des Fingernagels dienen: Harte ritzen den Nagel, normale sind gleich hart, biegsame oder gummielastische lassen sich mit dem Fingernagel ritzen oder eindrücken. Stand 2008/05

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage © Carl Hanser Verlag München, 2007

## Terminologie

<b>Abrieb</b>	Abtragung der Materialoberfläche durch Reibung.
<b>Adhäsion</b>	Die Haftfähigkeit der Oberflächen von zwei Materialien untereinander; in der Elastomer-Terminologie die Festigkeit der Bindung oder Verbindung zwischen zwei Elastomeroberflächen oder Einlagematerialien in vulkanisiertem oder unvulkanisiertem Zustand.
<b>Alterung</b>	Die fortschreitende Veränderung der chemikalischen oder physikalischen Eigenschaften von Elastomeren, normalerweise bis zum Zerfall.
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials, eine Organisation mit der Vollmacht (in den USA), Testmethoden und Spezifikationen zu entwickeln.
<b>Deformation</b>	Die Veränderung der Form eines Produkts durch Zug oder Druck.
<b>Dehnung</b>	Beim physikalischen Test von Gummi spielt die Dehnbarkeit des Materials eine Rolle. Sie wird im allgemeinen in Prozenten zur Originallänge ausgedrückt. Wenn z. B. 1 cm eines Teststücks aus Gummi auf 6 cm gelängt werden kann, so beträgt die Dehnung 500%. Man bezeichnet als Bruchdehnung, wenn ein Teststück den Punkt erreicht hat, wo es zerreißt. Auch dieses Maß wird in % angegeben.
<b>Dichte (spez. Gew.)</b>	Das Verhältnis der Masse eines Körpers zu seinem Volumen.
<b>Druckbeständigkeit</b>	Der Widerstand, den eine Substanz gegen hohe Drücke leistet. Naturkautschuk hat eine extrem kleine räumliche Verdichtbarkeit. Wenn eine kompressive Kraft auf Gummi einwirkt, welcher in der Lage ist, nach allen Richtungen auszuweichen, wird er einer Deformation unterzogen, wobei er Energie aufbaut. Entfernt man die deformierende Kraft, geht der Gummi zum großen Teil auf seine alte Ausgangsposition zurück. Die Differenz entweicht als Wärme. Aufgrund dieser besonderen Eigenschaften des Gummis wurde er auf weiten Gebieten zur Dämpfung von Vibrationen und Absorbierung von Stoßbelastungen entwickelt, wie z. B. bei Motoren- und Maschinenlagerungen.

Fortsetzung ▶

# Allgemeine Informationen

## Terminologie

<b>Elastizität</b>	Die Fähigkeit eines Materials seine Originalmaße wieder anzunehmen, nachdem es durch irgendeine Kraft deformiert wurde.																																																				
<b>Ermüdung</b>	Wenn ein elastisches Material durch ständige Belastungen schlaff und erschöpft wird.																																																				
<b>Flexibilität</b>	Wenn ein flexibles Material nach wiederholtem Biegen in seine ursprüngliche Form zurückgeht. Flexibilität ist eine natürliche Forderung, die man an Gummiprodukte im normalen Einsatzfall stellt. Deshalb ist die Prüfung der Flexibilität in jedem Laboratoriumstest üblich.																																																				
<b>Härte</b>	Der Widerstand eines elastischen Materials gegen Druck. In Europa wird die Härte eines Materials in Shore gemessen, wofür geeignete Prüfgeräte zur Verfügung stehen.																																																				
<b>Kältebeständigkeit</b>	Die Widerstandsfähigkeit eines Elastomers beim Biegen, Verdrehen oder Zusammenpressen bei Temperaturen von $-20\text{ °C}$ bis zu $-80\text{ °C}$ und manchmal niedriger.																																																				
<b>PH-Wert</b>	<p>Negativer Log. der Wasserstoff-Ionen-Konzentration.  <math>\text{PH} = -\log(\text{H}_3\text{O}^+)</math></p> <p>In einer verdünnten wässrigen Lösung ist das Produkt aus <math>\text{H}_3\text{O}^+</math>-Ionen und <math>\text{OH}^-</math>-Ionen konstant. Kennt man eine dieser Konstanten, so ergibt sich hieraus auch die andere.</p> <p>In einer sauren Lösung (Säure) überwiegt der Ionen-Anteil <math>\text{H}_3\text{O}^+</math>.</p> <p>In einer alkalischen Lösung (Basen) überwiegt dagegen der Anteil an <math>\text{OH}^-</math>-Ionen.</p> <p>Durch Angabe der Konzentration lässt sich der Charakter einer wässrigen Lösung eindeutig kennzeichnen.</p> <p>Die kurze Tabelle soll Aufschluss über die PH-Konzentration bei Säuren und Basen geben:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">stark</th> <th colspan="4">schwach</th> <th>neutral</th> <th colspan="4">schwach</th> <th colspan="2">stark</th> </tr> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">0</td> <td>7</td> <td colspan="6">14</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Säure</td> <td>neutrale Lösung</td> <td colspan="6">Base</td> </tr> </tbody> </table>	stark		schwach				neutral	schwach				stark		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	0						7	14						Säure						neutrale Lösung	Base					
stark		schwach				neutral	schwach				stark																																										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13																																									
0						7	14																																														
Säure						neutrale Lösung	Base																																														
<b>Rückprallelastizität</b>	Bedeutet die Energie, welche von einem vulkanisierten Kautschuk aufgebracht wird, wenn er plötzlich aus einem Stadium der Deformation befreit wird. Normalerweise wird die Rückprallelastizität dadurch gemessen, dass man eine Stahlkugel aus einer bestimmten Höhe auf ein Gummiteil prallen lässt und die bewirkte Sprungkraft misst.																																																				
<b>Sprödigkeit</b>	Die Tendenz eines Materials, bei Deformation zu brechen oder zu zerbröckeln.																																																				
<b>Zugfestigkeit</b>	Die Möglichkeit eines Materials, einer Dehnungsbeanspruchung zu widerstehen. Das Maß wird in der Regel in kg angegeben.																																																				

# Elastomere

## Kurzbezeichnung nach ISO 1629/ASTM D 1418 und Handelsnamen

Wie bei anderen Werkstoffen (z. B. Stahl, Kunststoff) werden auch bei den Elastomeren Handelsnamen verwendet. Obwohl es sich vielfach um den gleichen Basis-Kautschuk handelt, geben die Hersteller ihren Produkten Eigennamen.

Die nachfolgende Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Auf Zeichnungen und Stücklisten sollten Handelsnamen nicht verwendet werden.

Chemische Bezeichnung	Handelsnamen	Kurzbezeichnungen	
		ISO 1629	ASTM D 1418-79
Nitril-Butadien-Kautschuk	Europrene® Krynac® Nipol N® Perbunan NT Breon®	NBR	NBR
Hydrierter Nitril-Butadien-Kautschuk	Therban® Zetpol®	HNBR	HNBR
Polyacrylat-Kautschuk	Noxtime® Hytemp® Nipol AR®	ACM	ACM
Chloropren-Kautschuk	Baypren® Neoprene®	CR	CR
Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk	Dutral® Keltan® Vistalon® Buna EP®	EPDM	EPDM
Methyl-Vinyl-Silikon-Kautschuk	Elastoseal® Rhodorsil® Silastic® Silopren®	VMQ	VMQ
Fluorosilikon-Kautschuk	Silastic®	FVMQ	FVMQ
Tetrafluorethylen-Propylen-Copolymer-Kautschuk	Aflas®	FEPDM	TFE/P**
Butyl-Kautschuk	Esso Butyl®	IIR	IIR
Styrol-Butadien-Kautschuk	Buna S® Europrene® Polysar S®	SBR	SBR
Natur-Kautschuk		NR	WR
Fluor-Kautschuk	Dai-El® Fluorel® Tecnoflon® Viton®	FKM	FKM
Perfluor-Kautschuk	Isolast® Kalrez®	FFKM	FFKM
Polyester-Urethan Polyether-Urethan	Zurcon® Adiprene® Pellethan® Vulcollan® Desmopan®	AU EU	AU EU
Chlorosulphonyl-Polyethylen-Kautschuk	Hypalon®	CSM	CSM
Polysulfid-Kautschuk	Thiokol®	-	TWT
Epichlorhydrin-Kautschuk	Hydrin®	-	-

\* Auswahl eingetragener Warennamen

\*\* Kurzzeichen noch nicht genormt

ASTM = American Society for Testing and Materials

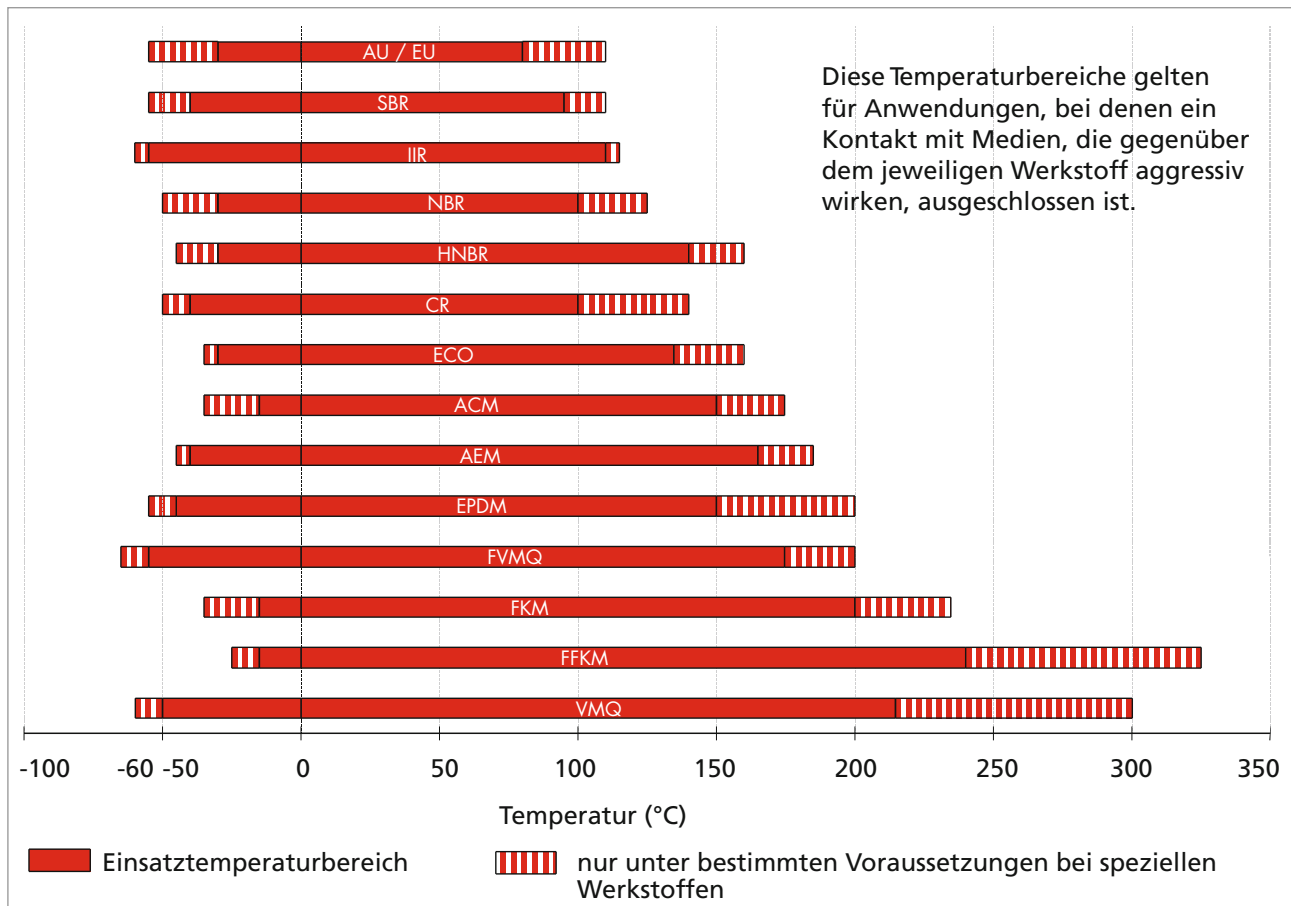
ISO = International Organisation for Standardisation

Quelle: Trelleborg Sealing Solutions

# Elastomere

## Allgemeine Einsatzgrenzen

### Temperatureinsatzbereiche



### Allgemeine Einsatzgrenzen

Die Anwendungsfelder von elastomeren Werkstoffen sind breit gefächert. Allgemein lassen sich die unterschiedlichen Elastomere wie folgt charakterisieren:

#### ACM (Polyacrylat-Kautschuk)

ACM zeigt sehr gute Ozon-, Wetter- und Heißluftbeständigkeit, jedoch nur eine mittlere Festigkeit, geringe Elastizität und ein relativ ungünstiges Kälteverhalten. Der Einsatztemperaturbereich liegt bei  $-20\text{ °C}$  bis  $+150\text{ °C}$  (kurzzeitig bis  $+175\text{ °C}$ ). Spezialtypen sind bis  $-35\text{ °C}$  einsetzbar. ACM-Werkstoffe werden hauptsächlich aufgrund ihrer besonderen Beständigkeit gegen hochadditierte Schmieröle (auch schwefelhaltig) bei höheren Temperaturanwendungen im Kraftfahrzeugsektor eingesetzt.

#### CR (Chloropren-Kautschuk)

Im Allgemeinen zeigen Chloroprenvulkanisate eine relativ gute Ozon-, Wetter-, Chemikalien- und Alterungsbeständigkeit. Desweiteren hohe Flammwidrigkeit, gute mechanische Eigenschaften und gute Kälteflexibilität. Der Einsatztemperaturbereich liegt bei  $-35\text{ °C}$  bis  $+90\text{ °C}$  (kurzzeitig bis  $+120\text{ °C}$ ). Spezialtypen sind bis  $-55\text{ °C}$  einsetzbar. CR-Werkstoffe finden ihre Anwendung u. a. als Dichtung gegen Kältemittel, in Außenbereichen und in der Klebstoffindustrie.

#### EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk)

EPDM zeigt gute Hitze-, Ozon- und Alterungsbeständigkeit. Ferner hohe Elastizität, gutes Kälteverhalten sowie gute elektrische Isoliereigenschaften. Die Einsatztemperatur liegt im Bereich  $-45\text{ °C}$  bis  $+150\text{ °C}$  (kurzzeitig bis  $+175\text{ °C}$ ) bei Peroxidvernetzung. Bei Schwefelvernetzung reduziert sich der Bereich auf  $-45\text{ °C}$  bis  $+130\text{ °C}$  (kurzzeitig  $+150\text{ °C}$ ). Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk EPDM findet häufig Anwendung in Bremsflüssigkeiten (auf Glycolbasis) und Heißwasser.

#### FFKM (Perfluor-Kautschuk)

Perfluorelastomere zeichnen sich durch eine universelle Chemikalienbeständigkeit ähnlich der von PTFE sowie durch eine hohe thermische Beständigkeit aus. Sie weisen niedrigste Quellwerte in praktisch allen Medien auf. Je nach Mischungsaufbau liegt der Temperatureinsatzbereich zwischen  $-25\text{ °C}$  bis  $+240\text{ °C}$ . Spezialtypen sind bis  $+325\text{ °C}$  einsetzbar. Anwendung finden FFKM überwiegend in der Chemie- und Prozesstechnik und überall dort, wo aggressive Medien und hohe Temperaturen eingesetzt werden.



# Elastomere

## Allgemeine Einsatzgrenzen

### FKM (Fluor-Kautschuk)

Je nach Aufbau und Fluorgehalt unterscheiden sich Fluorkautschuke in ihrer Medienbeständigkeit und Kälteflexibilität. Sie zeichnen sich durch Flammwidrigkeit, geringe Gasdurchlässigkeit, sehr gute Ozon-, Wetter- und Alterungsbeständigkeit aus. Die Einsatztemperatur der Fluorkautschuke liegt bei  $-20\text{ °C}$  bis  $+200\text{ °C}$  (kurzzeitig bis  $+230\text{ °C}$ ). Spezialtypen sind bis  $-35\text{ °C}$  einsetzbar. FKM wird ebenfalls häufig bei Mineralölen und Fetten bei höheren Temperaturen eingesetzt.

### FVMQ (Fluorsilikon-Kautschuk)

Fluorsilikon Kautschuk weist eine gute Hitzebeständigkeit bei gleichzeitig sehr guter Kälteflexibilität auf. Dazu kommen gute elektrische Eigenschaften, exzellente Wetterbeständigkeit und hervorragende Resistenz gegen Ozon und UV-Strahlen. Verglichen mit Standard Silikon zeigen Fluorsilikone eine erheblich bessere chemische Beständigkeit in Kohlenwasserstoffen, aromatischen Mineralölen, Kraftstoffen und niedermolekularen aromatischen Kohlenwasserstoffen, wie z. B. Benzol oder Toluol. Der mögliche Einsatztemperaturbereich liegt bei  $-50\text{ °C}$  bis  $+175\text{ °C}$  (kurzzeitig z. T. auch bis  $+200\text{ °C}$ ).

### HNBR (Hydrierter Nitril-Butadien-Kautschuk)

HNBR wird durch selektive Hydrierung der Butadienruppen von Nitril-Butadien-Kautschuk NBR gewonnen. Die Eigenschaften der HNBR-Vulkanisate sind zum einen vom ACN Gehalt, der zwischen 18% und 50% liegen kann, als auch vom Sättigungsgrad abhängig.

Hydrierter Nitril-Butadien-Kautschuk HNBR zeigt gute mechanische Eigenschaften. Die Einsatztemperatur liegt im Bereich  $-30\text{ °C}$  bis  $+140\text{ °C}$  (kurzfristig bis  $+160\text{ °C}$ ) in Kontakt mit Mineralölen und Fetten. Spezialtypen sind bis  $-40\text{ °C}$  nutzbar.

### IIR (Butyl-Kautschuk)

Butyl-Kautschuk zeichnet sich besonders durch seine sehr geringe Permeabilität gegenüber Luft, Wasserdampf und anderen Gasen aus. Zusätzlich weist IIR neben einer guten Ozon, Witterungs- und Alterungsbeständigkeit auch eine gute Beständigkeit gegenüber organischen und anorganischen Chemikalien auf. Die mögliche Einsatztemperatur liegt im Bereich  $-40\text{ °C}$  bis  $+110\text{ °C}$  (kurzzeitig bis  $+120\text{ °C}$ ).

### NBR (Nitril-Butadien-Kautschuk)

Die Eigenschaften der NBR-Vulkanisate sind hauptsächlich vom ACN Gehalt abhängig, der zwischen 18% und 50% liegen kann. Sie zeigen allgemein gute mechanische Eigenschaften bei einer Einsatztemperatur von  $-30\text{ °C}$  bis  $+100\text{ °C}$  (kurzzeitig bis  $+120\text{ °C}$ ). Spezialtypen sind bis  $-60\text{ °C}$  einsetzbar. Nitril-Butadien-Kautschuk NBR findet hauptsächlich bei Mineralölen und Fetten seine Anwendung.

### Polyurethane

Die Gruppe der Polyurethane ist äußerst vielschichtig. Unterschiedlichste Einsatzbereiche können individuell damit abgedeckt werden, eine Vereinheitlichung der Eigenschaften ist nicht möglich.

Polyurethanwerkstoffe sind speziell auf die entsprechenden Einsatzbereiche konzipiert und zeichnen sich durch ein hervorragendes Rückstellverhalten und optimale Verschleißbeständigkeit aus. Exzellente Festigkeit, geringer Druckverformungsrest sowie gute Beständigkeit gegen  $\text{O}_2$  und  $\text{O}_3$  sind weitere bedeutende Eigenschaften dieser Materialgruppe. Je nach Typ sind Temperatureinsatzbereiche von unter  $-50\text{ °C}$  bis  $+110\text{ °C}$ , kurzzeitig auch höher, realisierbar.

### VMQ (Silikon Kautschuk)

Silikon-Kautschuke zeichnen sich durch hohe thermische Beständigkeit, gute Kälteflexibilität, gute dielektrische Eigenschaften und vor allem durch guten Widerstand gegen den Angriff von Sauerstoff und Ozon und UV-Strahlung aus. Spezielle Formulierungen sind beständig gegen aliphatische Motor- und Getriebeöle, Wasser bis  $100\text{ °C}$  und hochmolekulare Chlorkohlenwasserstoffe. Je nach Ausführung befinden sich die möglichen Einsatztemperaturen im Bereich von  $-50\text{ °C}$  bis  $+175\text{ °C}$  (kurzzeitig z. T. auch bis  $+230\text{ °C}$ ).

### Chemische Beständigkeit

Zur Vorauswahl der passenden Materialgruppe steht Ihnen eine umfangreiche Beständigkeitsliste zur Verfügung (siehe Seiten 13/29ff).

Die darin angegebenen Daten beruhen auf bereits veröffentlichten Werken und Quelltests. Diese Tests wurden unter Laborbedingungen überwiegend bei Raumtemperatur durchgeführt und geben daher nicht immer die realen Bedingungen im Anwendungsfall wieder.

Bei der Auswahl des richtigen Werkstoffes muss jedoch besonders sorgfältig vorgegangen werden, um alle Aspekte der Anwendung zu berücksichtigen. So führen zum Beispiel aggressive Medien bei erhöhten Temperaturen zu einem stärkeren Angriff auf das Elastomer als dies bei Raumtemperatur der Fall ist. Zusätzlich müssen auch die physikalischen Eigenschaften berücksichtigt werden. Druckverformungsrest, Härte, Abrasionsbeständigkeit und thermische Ausdehnung können die Eignung eines Werkstoffes in bestimmten Anwendungen stark beeinflussen.

Es wird daher empfohlen, dass der Anwender selbst Beständigkeitstests durchführt, um die Eignung des ausgewählten Elastomers für seine Anwendung zu überprüfen. Unsere erfahrenen Techniker unterstützen Sie gerne mit weiteren Informationen für spezielle Anwendungen.

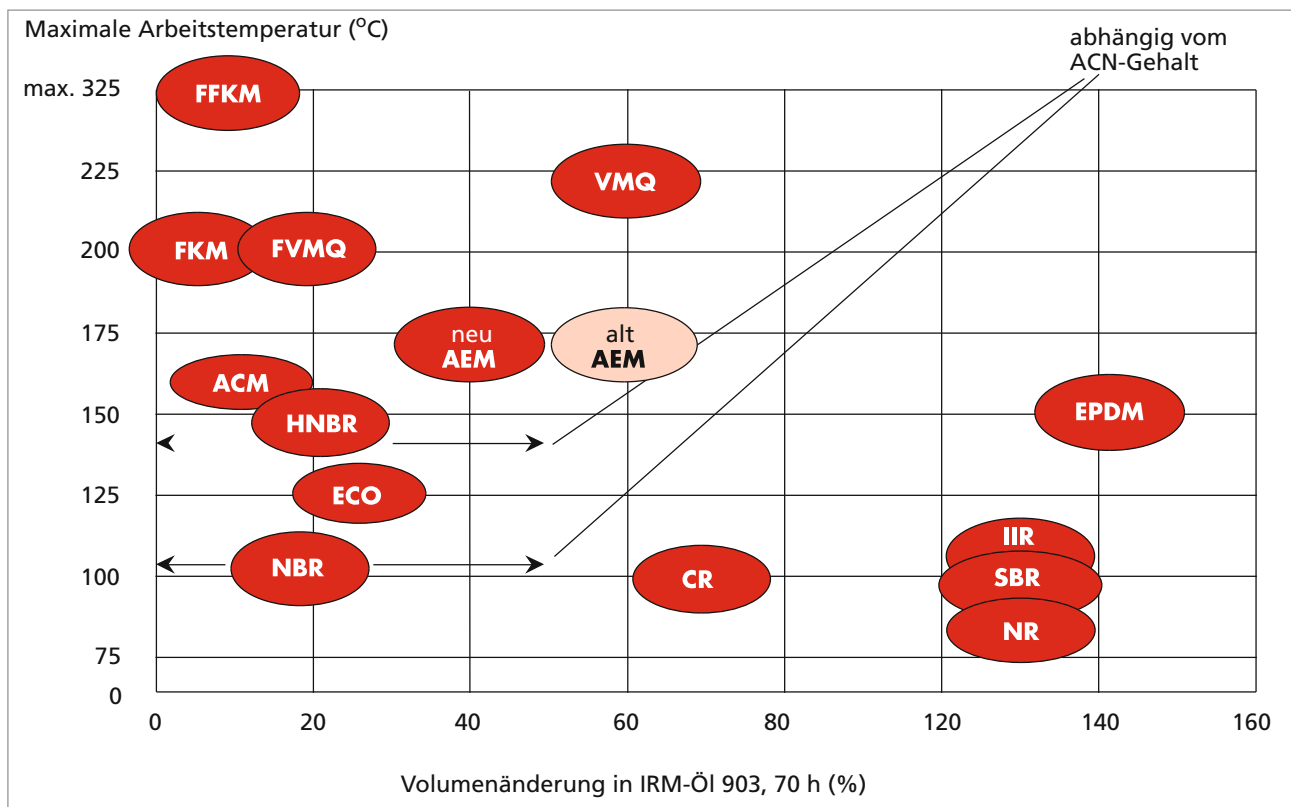
Quelle: Trelleborg Sealing Solutions

# Elastomere

Elastomere sind wie alle organisch-chemischen Werkstoffe nicht uneingeschränkt nutzbar. Äußere Einflüsse wie z. B. unterschiedliche Medien, Sauerstoff oder Ozon wie auch Druck oder Temperatur verändern die Materialeigenschaften und somit das Dichtverhalten.

Elastomere können quellen, schrumpfen, verhärten, rissig werden oder gar brechen. Folgende Schaubilder und Aufstellungen veranschaulichen unterschiedliche Einsatzgrenzen.

## Hitzebeständigkeit und Quellverhalten in Öl



Volumenänderung in IRM-Öl 903 (alt ASTM-Öl Nr.3)

Quelle: Trelleborg Sealing Solutions

# Elastomere

## Typische Eigenschaften von Kautschuk-Vulkanisaten

	Fluor-Silikon	Natur-Kautschuk	Styrol-Butadien-Kautschuk	Butyl-Kautschuk	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk	Silikon-Kautschuk	Chloropren-Kautschuk	Nitril-Kautschuk	Hydrierter-Nitrilkautschuk	Fluor-Kautschuk	Polyacrylat-Kautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Chlorsulfoniertes Polyethylen	Polyurethan-Kautschuk	
Internationales Kurzzeichen	FVMQ	NR	SBR	IIR	EPDM	VMQ	CR	NBR	HNBR	FPM	AEM/ACM	CO/ECO	CSM	EU	
Handelsnamen, z. B.	Silastic	SMR	Euro-prene Buna SB	Exxon Butyl	Buna EP Keltan	Elastosil Silastic	Bay-pren Neoprene	Perbunan Euro-prene	Therban Zetpol	Viton Fluorel	Hy Temp Vamac	Hydrin	Hy-palon	Adiprene	
Härtebereich Shore A	30 – 80	30 – 90	35 – 95	30 – 80	30 – 90	20 – 90	25 – 90	30 – 95	45 – 98	50 – 90	40 – 90	40 – 90	45 – 90	55 – 90	
Zugfestigkeit (bei aktiv gefüllten Mischungen)	4	1	2	3	3	4	2	2	1	3	3	3	3	1	
Bruchdehnung (hoch)	2 – 3	1	2	1	3	2	2	2	2	3	4	3	3	2	
Rückprallelastizität (hoch)	4 – 5	1	3	6	2	2	3	4	3	6	4	6	5	3	
Weiterreißwiderstand	4	2	3	3	3	3	2	3	4 – 5	4	4	4	3	1	
Abriebwiderstand (bei Mischungen mit verstärkenden Füllstoffen)	5	2	2	4	3	5	3	2	1	4	4	3	3	1	
Widerstand gegen bleibende Verformung	bei hohen Temperaturen	1	4 – 5	4	2	3	1	4	3	2	1	2	3	5	6
	bei tiefen Temperaturen	1	2	3	2	3	1	4	4	4	4 – 5	4	4	5	4
Kälteflexibilität	2	2	3	2	3	1	3	4	3	4 – 5	4	4	4	4	
Wärmebeständigkeit	1 – 2	6	5	4	4	1	4	4	2	1	2	2	4	4	
Benzin	1 – 2	6	5	5	6	5	3	2	3	1	4 – 5	2	3	2	
Mineralöl (bei 100 °C)	1 – 2	6	5	6	5	2	3	1	2	1	1	1	3	2	
Säuren (25%ige H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> bei 50 °C)	2 – 3	4	4	1	1	4	2	2	1	1	3	1	1	2	
Laugen (50%ige NaOH bei 50 °C)	3	2	2	1	1	5	2	6	2 – 3	1	5	2	1	6	
Wasser (bei 100 °C)	2	5	5	2	1	2	3	2	1	2	4 – 5	2	3	6	
Witterung und Ozon	1	4	4	3	1	1	2	5	1	1	2	1	1	2	
Licht	1	4	4	3	2	1	3	4	1	1	3	4	1	2	
Gasdurchlässigkeit	3	5	4	1	4	6	3	2	2	1	3	2	3	2	

Legende	sehr gut	1
	gut	2
	befriedigend	3
	ausreichend	4
	ungünstig	5
	sehr ungünstig	6

Diese Darstellung kann das Eigenschaftsbild der einzelnen Kautschuk-Vulkanisate nur richtungsweisend/richtlinienartig wiedergeben.

Rückschlüsse auf konkrete Mischungen können nur bedingt gezogen werden, da durch die Optimierung einer bestimmten Eigenschaft in einer Rezeptur eine Reihe anderer Merkmale ungünstig beeinflusst werden kann.

# Elastomere

## Charakteristika und ihre Prüfung

Voraussetzung für einen gleichbleibend hohen Qualitätsstandard ist eine ständige, straffe Mischungskontrolle.

Geprüft werden Rohstoffe, Kautschukmischungen und Vulkanisate. Vergleichbare Untersuchungsergebnisse erhält man mit exakt bestimmten Prüfmethoden und Prüfkörpern. Für Deutschland sind hier die DIN-Vorschriften bindend; ersatzweise zieht man die amerikanischen ASTM-Normen als Maßstab heran.

Hier einige wichtige Prüfverfahren, die – wenn nicht anders angegeben – bei Raumtemperatur erfolgen:

### 1. Härte nach Shore A/D (DIN 53505)

Härte ist der Widerstand, den der Gummi dem Eindringen eines harten Körpers entgegensetzt.

Üblicherweise misst man die Härte mit einem Shore-A-Prüfgerät, bei dem eine Kegelstumpfnadel durch eine Feder in die Gummioberfläche gedrückt wird. Je weiter die Nadel in den Gummi eindringen kann – je weicher der Gummi ist – desto geringer ist der Zeigerausschlag auf der Messskala, die von 0 Shore A bis 100 Shore A reicht.

Ein Härteprüfgerät nach Shore A ist im Bereich von 10 – 90 Shore A sinnvoll einsetzbar. Bei härteren Mischungen und bei Hartgummi wird dagegen mit einem Gerät nach Shore D gemessen. Es hat eine spitzere Nadel und eine stärkere Feder.



Shore A-Prüfgerät

### Shore-Härtegrad, Tabelle nach A-Prüfmethode

Shore	Technischer Sprachgebrauch
91 – 100	sehr hart
80 – 90	hart
67 – 79	mittelhart
51 – 66	mittelweich
40 – 50	weich
28 – 39	sehr weich



SHORE/IRHD  
IRHD Micro Compact II  
O-Ring Test Automat  
Handling-System

### Shore-Härteskala-Vergleichstabelle

#### Shore A – D

Shore A	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100				
Shore D					10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Diese Tabelle dient zu groben Vergleichszwecken und nicht als Referenzstabelle. Es bestehen keine linearen Korrelationen.

#### Umrechnung von Shore A zu Shore D

$$\text{Shore A} = 116,1 - \frac{1409}{\text{Shore D} + 12,2}$$

# Elastomere

## Charakteristika und ihre Prüfung

### 2. Prüfgeräte

Die Prüfverfahren werden in zerstörungsfreie und zerstörende Prüfverfahren unterteilt.

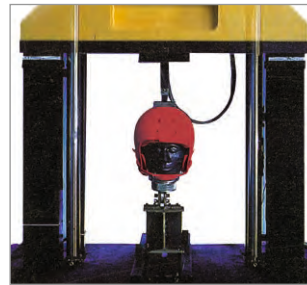
Die zerstörungsfreien Prüfverfahren werden vornehmlich im Rahmen der Qualitätssicherung in der Produktion als Eingangs-, Fertigungs- und Abnahmeprüfungen angewendet.

Bei den zerstörenden Prüfverfahren wird zwischen mechanischen, technologischen und chemischen Prüfverfahren unterschieden.



#### Zugversuch

Dient zur Ermittlung mechanischer Werkstoffeigenschaften unter homogenen, einachsigen Zugspannungen. Die Bruchdehnung setzt sich aus Gleichmaßdehnung und Einschnürdehnung zusammen; sie hängt vom Werkstoff und der Länge der Bezugsstrecke ab.



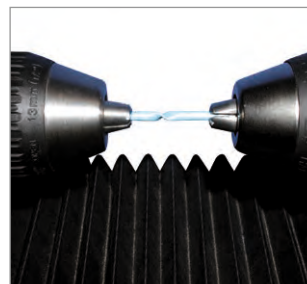
#### Schlagversuch

Bei stoß- und schlagartiger Beanspruchung sollen Formteile nicht spröde versagen. Die aus Schlagversuchen gewonnenen Kennwerte sind keine Berechnungskennwerte. Sie haben keine direkte Beziehung zu anderen Werkstoffkennwerten, man kann sie nicht auf beliebige Formteile übertragen, kann aber Kunststoffe voneinander unterscheiden.



#### Druckversuch

Dient zur Ermittlung mechanischer Werkstoffeigenschaften unter homogenen, einachsigen Druckspannungen.



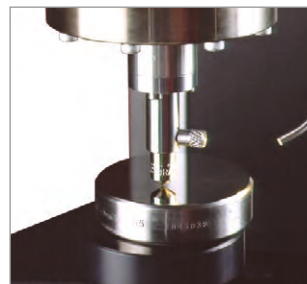
#### Torsion

Beim Torsionsversuch wird das elastische Verhalten und das Dämpfungsverhalten der Kunststoffe bei kleiner dynamischer Verdrehbeanspruchung und niedriger Frequenz untersucht.



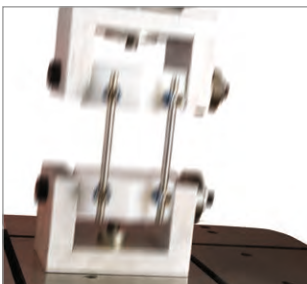
#### Biegung

Bei duktilen Werkstoffen wird er zur Bestimmung der Biege-Fließgrenze und des größtmöglichen Biegewinkels, bei spröden Werkstoffen zur Bestimmung der Biegefestigkeit angewendet.



#### Härteprüfung

Bei der Härteprüfung für Kunststoffe handelt es sich um Eindringhärteprüfungen. Die Eindringtiefen werden dabei – wegen der hohen elastischen Rückfederung – im Gegensatz zu Metallen unter Last nach festgelegten Zeiten ermittelt.



#### Zeitschwingversuch

Bei dynamisch beanspruchten Kunststoffen können statische Kurz- und Langzeitkennwerte nicht mehr zur Dimensionierung herangezogen werden. Das Verhalten der Kunststoffe muss dann bei schwingender Belastung in Zeitschwingversuchen ermittelt werden.



#### Abrieprüfmaschine

Zur Ermittlung des Widerstandes von Elastomeren im Hinblick auf den Reibungsverlust mit drehender und fester Probe.

**Normen:** DIN 53516, ISO/DIS 4649

**Beschreibung:** Die Prüfung erfolgt an Materialien, die sich abnutzen bzw. verschleifen, wie z. B. Reifen, Riemen, Förderbänder, Schuhsohlen.

Quelle: Instron

# Elastomere

## Charakteristika und ihre Prüfung

### 3. Weiterreißwiderstand (DIN 53507 und 53515)

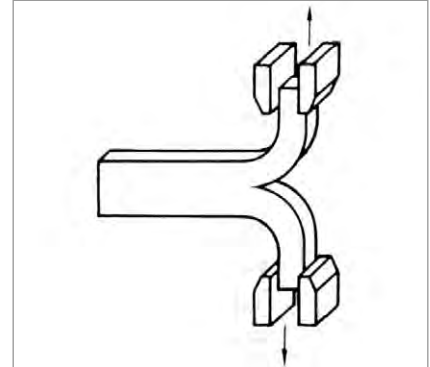
Die Kraft, die ein Vulkanisat mit einer Schnittverletzung dem Weiterreißen entgegensetzt, bezeichnet man als den Weiterreißwiderstand.

Er wird in N/mm ausgedrückt und mit einer Zugprüfmaschine nach zwei alternativen Methoden ermittelt – der „Streifenprobe“ (DIN 53507) und der „Winkelprobe nach Graves“ (DIN 53515).

Diese beiden Verfahren unterscheiden sich durch die Art des Prüfkörpers.

Bei der Streifenprobe ist das ein ca. 30 mm tief eingeschnittener Gummistreifen, bei der Graves-Methode hingegen ein gewinkelter Probekörper.

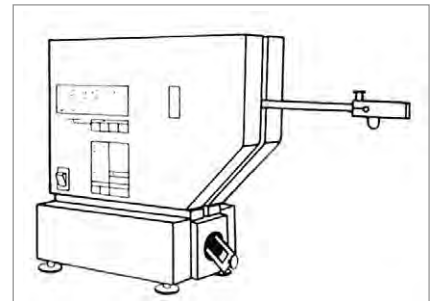
In der Praxis verwendet man mitunter den Begriff „Strukturfestigkeit“ als Synonym für Weiterreißwiderstand.



### 4. Rückprall-Elastizität (DIN 53512)

Die Rückprall-Elastizität ist ein Maß zur Beurteilung des Elastizitätsverhaltens von Vulkanisaten bei Stoßbeanspruchung. Sie wird mit einer mechanischen Schwingvorrichtung gemessen: Der hängende Pendelhammer wird um 90° angehoben und anschließend auf die Gummiprobe fallengelassen.

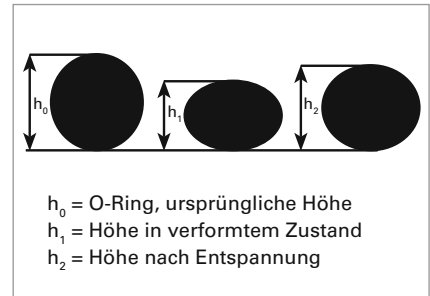
Die Elastizität des Gummis bewirkt, dass der Pendelhammer zurückprallt. Sie wird als Prozentsatz aus dem Verhältnis der gemessenen Rückprallhöhe des Pendels zu seiner Fallhöhe angegeben.



### 5. Druck-Verformungsrest (DIN EN ISO1856)

Die Restverformung eines Vulkanisates nach Beendigung einer lang andauernden, konstanten Verformung ist als Druck-Verformungsrest definiert. Dabei wird gemessen, um wie viel sich der zusammengedrückte Probekörper eine gewisse Zeit nach der Entspannung nicht mehr zurückgebildet hat. Die Angabe erfolgt als Prozentsatz aus dem Verhältnis der nicht mehr zurückge-

bildeten Strecke zur zusammengedrückten Strecke. Die Prüfung wird bei Raumtemperatur, tieferen oder höheren Temperaturen und unterschiedlichen Beanspruchungszeiten durchgeführt. Übliche Messbedingungen sind 72 Std./Raumtemperatur und 24 Std./70 °C. Eine andere gängige Bezeichnung für Druck-Verformungsrest ist „Compression-Set“.



### 6. Heißluftalterung (DIN 53508)

Gummi ist ein reaktionsfähiges, organisches Produkt, das unter dem Einfluss von Sonnenlicht, Wärme, Sauerstoff, Ozon, Feuchtigkeit und energiereicher Strahlung altert. Diese Alterung äußert sich beispielsweise durch Rissbildung oder Versprödung und ist irreversibel.

Zur Prüfung der Hitzebeständigkeit beschleunigt man den Alterungsprozess künstlich durch Lagerung in Wärmeschranken. Anschließend vergleicht man die nun vorhandenen Materialeigenschaften (z. B. Härte, Zugfestigkeit, Bruchdehnung usw.) mit denen vor der künstlichen Alterung.

### 7. Verhalten gegen Flüssigkeiten, Dämpfe und Gase (DIN 53521)

Vulkanisate, die Ölen, Lösungsmitteln, Säuren, Laugen, Wasserdampf, Gasen oder ähnlichen Kontaktmedien ausgesetzt sind, verändern nach einiger Zeit ihre ursprünglichen Eigenschaften. Die Aufnahme der Medien und das Herauslösen von Mischungsbestandteilen aus dem Gummi

führen zu einer Quellung, welche die mechanischen Eigenschaften beeinträchtigt. Zur Ermittlung dieser Werteveränderungen setzt man die Vulkanisate eine gewisse Zeit bei bestimmten Temperaturen den Kontaktmedien aus.

# Elastomere

## Zulässige Maßabweichungen DIN 7715 Teil 5

### Platten und Plattenartikel aus Weichgummi (Elastomeren)



#### Toleranzklassen

Für Platten aus Weichgummi und daraus hergestellte Artikel gelten je nach Ausführung die folgenden 3 Toleranzklassen mit unterschiedlichen zulässigen Maßabweichungen, die sich in der Industrie eingeführt haben:

#### Klasse P1: Genauigkeitsgrad fein

Platten hoher Präzision, die gegenüber der üblichen Handelsgüte höhere Anforderungen an die Maßhaltigkeit stellen, z. B. in Presswerkzeugen hergestellte Platten.

#### Klasse P2: Genauigkeitsgrad mittel

Platten und daraus hergestellte Artikel mit Toleranzen in üblicher Handelsgüte, z. B. Platten mit glatter oder stoffgemusterter Oberfläche, oder aus vulkanisierten Platten gestanzte oder nach Schablone geschnittene Artikel.

#### Klasse P3: Genauigkeitsgrad grob

Platten und daraus hergestellte Artikel ohne besondere Maßanforderungen, vulkanisierte oder unvulkanisierte Platten mit profilierter oder grobstoffgemusterter Oberfläche, oder aus unvulkanisierten Platten gestanzte und anschließend ohne Vorrichtung vulkanisierte Artikel. Aus vulkanisierten Platten ohne Schablone geschnittene Teile.

Nennmaßbereich	Klasse P 1 fein	Klasse P 2 mittel	Klasse P 3 grob
	Zulässige Abweichungen in mm		
0 bis 1,6	+/-0,2	+/-0,2	+/-0,4
über 1,6 bis 4	+/-0,2	+/-0,3	+/-0,4
über 4 bis 6,3	+/-0,2	+/-0,4	+/-0,5
über 6,3 bis 10	+/-0,3	+/-0,5	+/-0,6
über 10 bis 25	+/-0,3	+/-0,6	+/-0,8
über 25 bis 40	+/-0,4	+/-0,8	+/-1,0
über 40 bis 63	+/-0,5	+/-1,0	+/-1,5
über 63 bis 100	+/-0,6	+/-1,2	+/-2,0
über 100 bis 160	+/-0,8	+/-1,4	+/-2,5
über 160 bis 250	+/-1,0	+/-1,6	+/-3,0
über 250 bis 400	+/-1,6	+/-2,5	+/-5,0
	Zulässige Abweichungen in %		
über 400	0,5	0,8	1,5

# Elastomere Zulässige Maßabweichungen DIN ISO 3302-1 Fertigteile

## Grenzmaße für Formteile

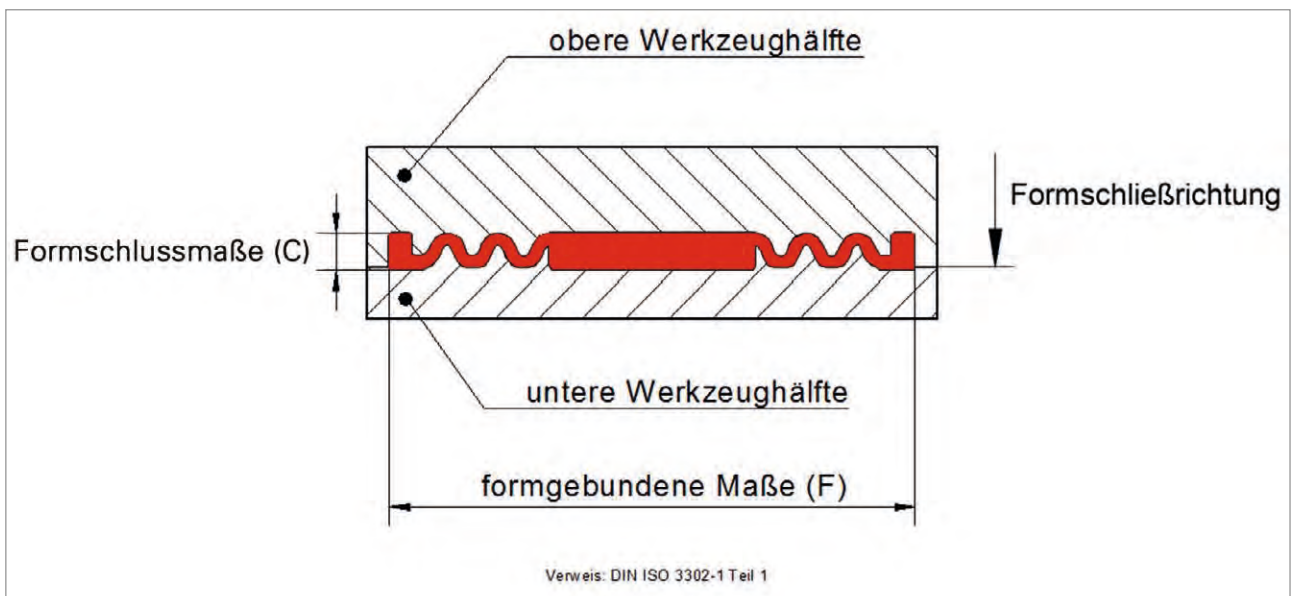
Vier Toleranzklassen für an die Form gebundene und an den Formschluss gebundene Maße an Formteilen aus massivem Gummi:

- a) **Toleranzklasse M1** für Formteile mit Genauigkeitsgrad sehr fein. Diese Formteile erfordern Präzisionsformen, weniger Nester je Form, genaue Kontrollen der Mischung usw., woraus hohe Kosten entstehen. Optische Prüfgeräte oder andere ähnliche Messgeräte können erforderlich sein, um eine Verformung des Gummis durch das Messgerät zu minimieren. Diese Art Teile erfordert teure Kontrollen und Prüfverfahren.
- b) **Toleranzklasse M2** für Formteile mit Genauigkeitsgrad fein, die viele der für Toleranzklasse M1 erforderlichen Kontrollen einschließen.
- c) **Toleranzklasse M3** für Formteile mit Genauigkeitsgrad mittel.
- d) **Toleranzklasse M4** für Formteile mit Genauigkeitsgrad grob, bei denen die Kontrolle der Maße nicht kritisch ist.

Nennmaß		Toleranzklasse M1 sehr fein		Toleranzklasse M2 fein		Toleranzklasse M3 mittel		Toleranzklasse M4 grob
über	bis	F	C	F	C	F	C	F und C
0,0	4,0	+/-0,08	+/-0,10	+/-0,10	+/-0,15	+/-0,25	+/-0,40	+/-0,50
4,0	6,3	+/-0,10	+/-0,12	+/-0,15	+/-0,20	+/-0,25	+/-0,40	+/-0,50
6,3	10,0	+/-0,10	+/-0,15	+/-0,20	+/-0,20	+/-0,30	+/-0,50	+/-0,70
10,0	16,0	+/-0,15	+/-0,20	+/-0,20	+/-0,25	+/-0,40	+/-0,60	+/-0,80
16,0	25,0	+/-0,20	+/-0,20	+/-0,25	+/-0,35	+/-0,50	+/-0,80	+/-1,00
25,0	40,0	+/-0,20	+/-0,25	+/-0,35	+/-0,40	+/-0,60	+/-1,00	+/-1,30
40,0	63,0	+/-0,25	+/-0,35	+/-0,40	+/-0,50	+/-0,80	+/-1,30	+/-1,60
63,0	100,0	+/-0,35	+/-0,40	+/-0,50	+/-0,70	+/-1,00	+/-1,60	+/-2,00
100,0	160,0	+/-0,40	+/-0,50	+/-0,70	+/-0,80	+/-1,30	+/-2,00	+/-2,50
160,0	-	+/-0,30	+/-0,40	+/-0,50	+/-0,70	+/-0,80	+/-1,30	+/-1,50

C: Grenzabmaße bei den an den Formschluss gebundenen Maßen  
F: Grenzabmaße bei an die Form gebundenen Maßen

Maße in Millimeter (wenn nicht anders angegeben)





# Elastomere

## Toleranzen für Fertigteile DIN ISO 3302-1

### Toleranzklassen Extrusionsteile z. B. Profile

Dieser Unterabschnitt legt, bezogen auf einen besonderen Messbereich, 11 Toleranzklassen für Extrusionsteile aus massivem Gummi fest, nämlich:

- a) Drei Toleranzklassen für die Maße von Nennquerschnitten an Extrusionsteilen ohne Unterstützung:
- E1 Genauigkeitsgrad fein
  - E2 Genauigkeitsgrad mittel
  - E3 Genauigkeitsgrad grob
- b) Drei Toleranzklassen für die Maße von Nennquerschnitten an auf einem Dorn gefertigter Extrusionsteile:
- EN 1 Genauigkeitsgrad sehr fein
  - EN 2 Genauigkeitsgrad fein
  - EN 3 Genauigkeitsgrad mittel

- c) Zwei Toleranzklassen (EG) für Außenmaße (Nenn Durchmesser) geschliffener Extrusionsteile (Schläuche) zusammen mit zwei Toleranzklassen (EW) für die Wanddicken dieser Extrusionsteile:
- EG 1 und EW 1 Genauigkeitsgrad sehr fein
  - EG 2 und EW 2 Genauigkeitsgrad mittel
- d) Drei Toleranzklassen (L) für geschnittene Längen von Extrusionsteilen und drei Toleranzklassen (EC) für die Dicke geschnittener Abschnitte von Extrusionsteilen:
- L1 und EC 1 Genauigkeitsgrad sehr fein
  - L2 und EC 2 Genauigkeitsgrad mittel
  - L3 und EC 3 Genauigkeitsgrad grob

### Maßtoleranzen

#### Grenzmaße für die Querschnitte nicht unterstützter Extrusionsteile

Nennmaß		Toleranzklasse E1 fein	Toleranzklasse E2 mittel	Toleranzklasse E3 grob
über	bis			
0	1,5	+/- 0,15	+/- 0,25	+/- 0,40
1,5	2,5	+/- 0,20	+/- 0,35	+/- 0,50
2,5	4,0	+/- 0,25	+/- 0,40	+/- 0,70
4,0	6,3	+/- 0,35	+/- 0,50	+/- 0,80
6,3	10,0	+/- 0,40	+/- 0,70	+/- 1,00
10	16	+/- 0,50	+/- 0,80	+/- 1,30
16	25	+/- 0,70	+/- 1,00	+/- 1,60
25	40	+/- 0,80	+/- 1,30	+/- 2,00
40	63	+/- 1,00	+/- 1,60	+/- 2,50
63	100	+/- 1,30	+/- 2,00	+/- 3,20

#### Grenzmaße für die Innenmaße auf Dorn gefertigter Extrusionsteile z. B. Gummi-Schlauchstücke

Nennmaß		Toleranzklasse EN1 sehr fein	Toleranzklasse EN2 fein	Toleranzklasse EN3 mittel
über	bis			
0	4	+/- 0,20	+/- 0,20	+/- 0,35
4	6,3	+/- 0,20	+/- 0,25	+/- 0,40
6,3	10	+/- 0,25	+/- 0,35	+/- 0,50
10	16	+/- 0,35	+/- 0,40	+/- 0,70
16	25	+/- 0,40	+/- 0,50	+/- 0,80
25	40	+/- 0,50	+/- 0,70	+/- 1,00
40	63	+/- 0,70	+/- 0,80	+/- 1,30
63	100	+/- 0,80	+/- 1,00	+/- 1,60
100	160	+/- 1,00	+/- 1,30	+/- 2,00
160	-	+/- 0,6%	+/- 0,8%	+/- 1,2%

Maße in Millimeter.

# Elastomere

## Toleranzen für Fertigteile DIN ISO 3302-1

### Maßtoleranzen Extrusionsteile z. B. Profile, Schläuche, Anschnitte, Kurzlängen

#### Grenzmaße für die Außenmaße geschliffener Extrusionsteile

Nennmaß		Toleranzklasse EG1	Toleranzklasse EG2
über	bis	sehr fein	mittel
0	10	+/- 0,15	+/- 0,25
10	16	+/- 0,20	+/- 0,35
16	25	+/- 0,20	+/- 0,40
25	40	+/- 0,25	+/- 0,50
40	63	+/- 0,35	+/- 0,70
63	100	+/- 0,40	+/- 0,80
100	160	+/- 0,50	+/- 1,00
160	-	+/- 0,3%	+/- 0,5%

#### Grenzmaße für die Wanddicken geschliffener Extrusionsteile

Nennmaß		Toleranzklasse EW1	Toleranzklasse EW2
über	bis	sehr fein	mittel
0	4	+/- 0,10	
4	6,3	+/- 0,15	+/- 0,20
6,3	10	+/- 0,20	+/- 0,25
10	16	+/- 0,20	+/- 0,35
16	25	+/- 0,25	+/- 0,40

#### Grenzmaße für geschnittene Längen von Extrusionsteilen

Nennlänge		Toleranzklasse L1	Toleranzklasse L2	Toleranzklasse L3
über	bis	sehr fein	mittel	grob
0	40	+/- 0,7	+/- 1,0	+/- 1,6
40	63	+/- 0,8	+/- 1,3	+/- 2,0
63	100	+/- 1,0	+/- 1,6	+/- 2,5
100	160	+/- 1,3	+/- 2,0	+/- 3,2
160	250	+/- 1,6	+/- 2,5	+/- 4,0
250	400	+/- 2,0	+/- 3,2	+/- 5,0
400	630	+/- 2,5	+/- 4,0	+/- 6,3
630	1000	+/- 3,2	+/- 5,0	+/- 10,0
1000	1600	+/- 4,0	+/- 6,3	+/- 12,5
1600	2500	+/- 5,0	+/- 10,0	+/- 16,0
2500	4000	+/- 6,3	+/- 12,5	+/- 20,0
4000	-	+/- 0,16%	+/- 0,32%	+/- 0,50%

#### Grenzmaße für die Dicke geschnittener Abschnitte von Extrusionsteilen

Nenndicke		Toleranzklasse EC1	Toleranzklasse EC2	Toleranzklasse EC3
über	bis	sehr fein	mittel	grob
0,63	1,00	+/- 0,10	+/- 0,15	+/- 0,20
1,00	1,60	+/- 0,10	+/- 0,20	+/- 0,25
1,60	2,50	+/- 0,15	+/- 0,20	+/- 0,35
2,50	4,00	+/- 0,20	+/- 0,25	+/- 0,40
4,00	6,30	+/- 0,20	+/- 0,35	+/- 0,50
6,30	10	+/- 0,25	+/- 0,40	+/- 0,70
10	16	+/- 0,35	+/- 0,50	+/- 0,80
16	25	+/- 0,40	+/- 0,70	+/- 1,00

# Elastomere

## Richtlinien für Lagerung, Reinigung und Wartung (Auszug aus DIN 7716 ISO 2230)

### Geltungsbereich

Die nachstehenden Richtlinien gelten für Erzeugnisse aus Gummi in reiner und mit anderen Werkstoffen zusammengesetzter Form, und zwar für Elastomere aus Naturkautschuk und/oder Synthesekautschuk sowie für Klebstoffe und Lösungen.

Die Richtlinien gelten in erster Linie als Anforderungen für eine langzeitige Lagerung (im Allgemeinen länger als 6 Monate).

Für kurzfristige Lagerung (weniger als 6 Monate) – wie etwa in Produktions- und Auslieferungslagern mit laufendem Materialabfluss – sind die Vorschriften dieser Norm bis auf die generellen Anforderungen an den Lagerraum sinngemäß anwendbar, solange dadurch Aussehen und Funktion der Erzeugnisse keine nachteiligen Veränderungen erfahren und solange nicht ein Widerspruch zu speziellen Forderungen dieser Norm für ausdrücklich kurze Lagerfristen von Erzeugnissen aus Gummi entsteht.

### Allgemeines

Unter ungünstigen Lagerungsbedingungen oder bei unsachgemäßer Behandlung ändern die meisten Erzeugnisse aus Gummi ihre physikalischen Eigenschaften. Sie können z. B. durch übermäßige Verhärtung, Weichwerden, bleibende Verformung sowie durch Abblättern, Risse oder sonstige Oberflächenschäden unbrauchbar werden. Die Veränderungen können durch die Einwirkung von z. B. Sauerstoff, Ozon, Wärme, Licht, Feuchtigkeit, Lösungsmittel oder die Lagerung unter Spannung hervorgerufen werden. Sachgemäß gelagerte und behandelte Erzeugnisse aus Gummi bleiben über einen langen Zeitraum (einige Jahre) fast unverändert in ihren Eigenschaften.

### Lagerraum

Der Lagerraum soll kühl, trocken, staubfrei und mäßig belüftet sein.

### Temperatur

Die Lagertemperatur sollte +15 °C sein und darf +25 °C nicht überschreiten, da es sonst zu einer Verhärtung der physikalischen Eigenschaften oder Verkürzung der Lebensdauer kommen kann. Die Lagertemperatur sollte ebenfalls nicht unter –10 °C liegen. Niedrigere Temperaturen sind für Erzeugnisse aus Gummi im Allgemeinen nicht schädlich, doch können diese bei tieferen Temperaturen sehr steif werden. Stark gekühlte Erzeugnisse sind vor Inbetriebnahme längere Zeit auf eine Temperatur von über +20 °C zu bringen.

Klebstoffe und Lösungen dürfen nicht kälter als 0 °C, Erzeugnisse aus Gummi aus gewissen Chloroprenkautschuktypen unter Umständen nicht kälter als +12 °C gelagert werden.

### Heizung

Bei Heizung des Lagerraums sind Heizkörper und Leitungen abzuschirmen. Die Wärmequellen in den Lagerräumen sollen so ausgelegt sein, dass die Temperatur der eingelagerten Artikel +25 °C nicht übersteigt. Der Abstand zwischen Heizkörper und Lagergut muss mindestens 1 m betragen.

### Feuchtigkeit

Erzeugnisse aus Gummi sollten nicht in feuchten Lagerräumen gelagert werden. Es ist darauf zu achten, dass keine Kondensation entsteht. Die relative Luftfeuchtigkeit liegt am günstigsten unter 65%.

### Beleuchtung

Die Erzeugnisse aus Gummi sollen vor Licht geschützt werden, insbesondere vor direkter Sonnenbestrahlung und vor starkem künstlichen Licht mit hohem ultravioletten Anteil. Die Fenster der Lagerräume sind aus diesem Grunde mit einem roten oder orangefarbenen (keinesfalls blauen) Schutzanstrich zu versehen. Alle Lichtquellen, die ultraviolette Strahlen aussenden, wie z. B. offen installierte Leuchtstoffröhren, wirken insbesondere wegen der damit verbundenen Ozonbildung schädigend. Vorzuziehen ist eine Raumbeleuchtung mit normalen Glühlampen.

### Sauerstoff und Ozon

Die Erzeugnisse aus Gummi sollen vor Luftwechsel, vor allem vor Zugluft, geschützt werden durch Einhüllen, durch Lagerung in luftdichten Behältern oder durch andere Mittel. Dies bezieht sich vor allem auf die Artikel mit einer großen Oberfläche im Verhältnis zum Volumen, z. B. gummierte Stoffe oder zellige Artikel. Da Ozon besonders schädlich ist, dürfen die Lagerräume keinerlei Ozon erzeugende Einrichtungen enthalten, wie z. B. fluoreszierende Lichtquellen, Quecksilberdampflampen, Elektromotoren oder sonstige Geräte, die Funken oder andere elektrische Entladungen erzeugen können. Verbrennungsgase und Dämpfe, die durch photochemische Vorgänge zu Ozonbildung führen können, sollten beseitigt werden.

Lösungsmittel, Kraftstoffe, Schmierstoffe, Chemikalien, Säuren, Desinfektionsmittel u. ä. dürfen im Lagerraum nicht aufbewahrt werden.

Gummilösungen sind unter Beachtung der behördlichen Vorschriften über die Lagerung und Beförderung brennbarer Flüssigkeiten in einem besonderen Raum zu lagern.

### Verformungen

Es ist darauf zu achten, dass Erzeugnisse aus Gummi spannungsfrei, d. h. ohne Zug, Druck oder sonstige Verformungen gelagert werden, da Spannungen sowohl eine bleibende Verformung als auch Rissbildung begünstigen. Bestimmte Metalle, im besonderen Kupfer und Mangan, wirken auf Erzeugnisse aus Gummi schädigend. Deshalb dürfen Erzeugnisse aus Gummi nicht in Berührung mit diesen Metallen gelagert werden, sondern müssen durch Verpackung oder durch Abschluss mit einer Schicht, z. B. Papier oder Polyethylen, geschützt werden.

Die Werkstoffe der Behälter, des Verpackungs- und Abdeckmaterials dürfen keine für Erzeugnisse aus Gummi schädlichen Bestandteile enthalten, z. B. Kupfer oder kupferenthaltende Legierungen, Benzin, Öl und dergleichen. Weichmacher enthaltende Folien dürfen zur Verpackung nicht verwendet werden.

Werden Erzeugnisse aus Gummi eingepudert, so darf der Puder keine für die Erzeugnisse aus Gummi schädlichen Bestandteile enthalten. Geeignet zum Einpudern sind Talkum, Schlammkreide, feinkörniges Glimmerpulver und Reisstärke.

Das gegenseitige Berühren von Erzeugnissen aus Gummi verschiedener Zusammensetzung ist zu vermeiden. Das gilt vor allem für Erzeugnisse aus Gummi verschiedener Farben.

Erzeugnisse aus Gummi sollten für eine möglichst kurze Zeit im Lager verbleiben. Bei langfristiger Lagerung ist darauf zu achten, dass neu hinzukommende Erzeugnisse von den schon vorhandenen getrennt gelagert werden. An dieser Stelle weisen wir auf die DIN 9088 (Luft- und Raumfahrt-Richtlinien für die zulässigen Lagerzeiten von Erzeugnissen aus Elastomeren) hin.

PE-Beutel dienen ausschließlich zum sicheren Transport und nicht zur dauerhaften Lagerung.

# Elastomere

## Richtlinien für Lagerung, Reinigung und Wartung (Auszug aus DIN ISO 2230)

### Reinigung und Wartung

Die Reinigung von Erzeugnissen aus Gummi kann mit Seife und warmem Wasser erfolgen. Die gereinigten Artikel sind bei Raumtemperatur zu trocknen. Die mit Wasser gereinigten Produkte müssen sofort vollständig getrocknet werden. Hierzu empfiehlt sich ein trockenes, weiches Tuch sowie die kurzzeitige Lagerung in trockener Umgebung bei ca. +23 °C. Die Trocknung mittels Heizkörper, Fön oder anderen Wärmequellen schadet den Dichtungs- und Führungselementen.

Nach einer längeren Lagerung (6 bis 8 Monate) können die Erzeugnisse mit einer 1,5%igen Natriumkarbonatlösung gereinigt werden. Die Reste der Reinigungsflüssigkeit sind mit Wasser abzuspülen. Wirksame und besonders schonende Reinigungsmittel werden vom Hersteller empfohlen. Lösungsmittel, wie Trichlorethylen, Tetrachlorkohlenstoff sowie Kohlenwasserstoffe dürfen zum Reinigen nicht verwendet werden. Weiter verbietet sich hierfür die Benutzung von scharfkantigen Gegenständen, Drahtbürsten, Schmirgelpapier usw.

Wiedergegeben mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses. Maßgebend ist die jeweils neueste Ausgabe des Normblattes im Normformat A4, erhältlich bei der Beuth-Vertrieb GmbH.

### Lagerbedingungen

Die Lagerungstemperatur muss unter 25 °C liegen; die Teile müssen fern von direkten Wärmequellen lagern und dürfen keiner direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt werden. Die relative Luftfeuchte muss so sein, dass bei Temperaturänderungen im Lagerraum keine Kondensation eintritt. Die Einwirkung von Ozon und ionisierender Strahlung muss grundsätzlich ausgeschlossen sein.

### Verpackung

Alle Werkstoffe für Behälter, zum Abdecken und Einwickeln müssen frei von Substanzen sein, die einen Abbau-Effekt auf Elastomere haben.

Als Verpackungsmaterial kommen z. B. beschichtetes Kraftpapier, Aluminiumfolie oder undurchsichtige PE-Folie (min. 0,075 mm Stärke) in Frage.

		1. Lagerzeit in Jahren	2. Verlängerung in Jahren
Gruppe 1	NR, AU, EU, SBR	5	2
Gruppe 2	NBR, HNBR, ACM, AEM, XNBR, ECO, CIIR, CR, IIR	7	3
Gruppe 3	FKM, VMQ, EPDM, FVMQ, PVMQ, FFKM, CSM	10	5

Weitere Verlängerungen sind unter Umständen möglich, aber nur nach Rücksprache mit dem Lieferanten. Der Lieferant nimmt entsprechende Prüfungen vor und entscheidet, ob die Erzeugnisse weiter Verwendung finden oder verworfen werden müssen.

## Wichtige Informationen zur Lagerung von Polyurethan (AU/EU)

Bitte beachten Sie bei der Lagerung von Polyurethan-Gießelastomere folgende Hinweise.

Diese Informationen gelten für massive und geschäumte Polyurethane.

PE-Beutel dienen ausschließlich zum sicheren Transport und nicht zur **dauerhaften** Lagerung.

### Optimale Lagerbedingungen:

Temperatur: Raumtemperatur (0 bis 30 °C)  
 Luftfeuchtigkeit: ca. 30 % – 70 %  
 Luftwechsel: eine Luftzirkulation am Lagerplatz ist notwendig

Produkte aus Polyurethan dürfen nicht in verschlossenen PE-Beuteln gelagert werden (Hydrolysenalterung). Am besten werden Polyurethan-Artikel unverpackt eingelagert.

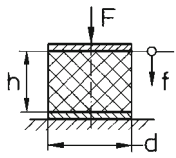
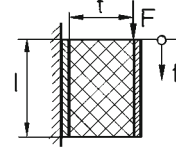
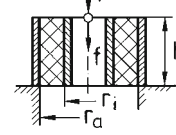
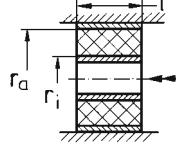
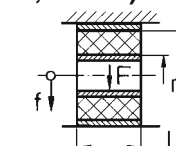
Bei der Einlagerung in Kartons oder anderen Behältnissen ist auf eine ausreichende Belüftung zu achten (normale Luftumwälzung im Lagerraum ist ausreichend).

Polyurethan kann nur dann in PE-Beuteln gelagert werden, wenn der Beutel nicht verschlossen wird. Bei Lagerung in verschweißten PE-Beuteln wird das Polyurethan durch Hydrolyse zerstört.

Bei Beachtung dieser Lagervorschrift behalten Polyurethane ihr hohes Wertenniveau auch nach längerer Lagerzeit bei.

# Richtwerte und Normen

## Verformung, Federrate und Beanspruchung von Gummifedern

Federart	Verformung f/Federrate c	Beanspruchung
<b>Scheibefeder (Druck)</b> 	$f = \frac{Fh}{EA} = \frac{4Fh}{E\pi d^2}$ $c = \frac{F}{f} = \frac{EA}{h} = \frac{E\pi d^2}{4h}$ Formfaktor $k = \frac{d}{4h}$	$\sigma_d = E \varepsilon = \frac{F}{A}; \quad \varepsilon = \frac{f}{h}$ $F_{zul} = \frac{\pi d^2}{4} \sigma_{zul}$
<b>Rechteckfeder (Schub)</b> 	$f = \frac{F t}{G A} = \frac{F t}{G b l}$ $c = \frac{F}{f} = \frac{G b l}{t}$ Breite b	$\tau = G\gamma = \frac{F}{A}; \quad \gamma = \frac{f}{t}$ $F_{zul} = G b l \gamma_{zul}$
<b>Hülsenfeder (Schub)</b> 	$f = \frac{F}{2\pi h G} \ln \frac{r_a}{r_i}$ $c = \frac{F}{f}$	$\tau_i = \frac{F}{A_i} = \frac{F}{2\pi r_i h}$ $F_{zul} = 2 \pi r_i h G \gamma_{zul}$
<b>Hülsenfeder (Drehschub)</b> 	$\varphi = \frac{M_t}{4\pi l G} \left( \frac{1}{r_i^2} - \frac{1}{r_a^2} \right)$ $c_t = \frac{M_t}{\varphi}$	$\tau_i = \frac{F}{A_i} = \frac{M_t}{2\pi r_i^2 l}$ $M_{t\,zul} = 2 \pi G r_i^2 l \gamma_{zul}$
<b>Hülsenfeder (Druck, Schub)</b> 	$f = \frac{F}{\pi l (E + G)} \ln \frac{r_a}{r_i}$ $c = \frac{F}{f}$	$\sigma_{d\,max} = \frac{2}{\pi} \frac{F_{max}}{l r_i}$ $F_{zul} = \frac{\pi l r_i}{2} \sigma_{d\,zul}$

## Anhaltswerte für die überschlägige Berechnung von Gummifedern

Shore-Härte Sh (A)	E-Modul $E_{St}$ N/mm <sup>2</sup>		G-Modul $G_{St}$ N/mm <sup>2</sup>	Zul. stat. Verformung bei Dauerbelastung %		Zul. stat. Spannung bei Dauerbelastung N/mm <sup>2</sup>		
	Druck			Druck	Schub Zug	Druck		Schub Zug
-	k = 1/4	k = 1,0	-	-	-	k = 1/4	k = 1,0	-
30	1,1	4,5	0,3		50 ... 75	0,18	0,7	0,20
40	1,6	6,5	0,4		45 ... 70	0,25	1,0	0,28
50	2,2	9,0	0,55	10 ... 15	40 ... 60	0,36	1,4	0,33
60	3,3	13,0	0,8		30 ... 45	0,50	2,0	0,36
70	5,2	20,0	1,3		20 ... 30	0,80	3,2	0,38

Zulässige Wechselbeanspruchungen 1/3 bis 1/2 der zulässigen stat. Beanspruchungen.

Quelle: INA Technisches Taschenbuch

# Kunststoffe

## Fertigungstoleranzen für extrudierte Profile Auszug aus DIN 16941

### Allgemeintoleranzen für Maße, Form und Lage

#### Toleranzreihen

Innerhalb dieser Norm gelten drei Toleranzreihen mit unterschiedlichen Genauigkeitsgraden sowie die Gruppen A und B. Die Gruppe A gilt für Profile mit genügend großer Steifheit und Festigkeit. Die Gruppe B gilt, wenn wegen zu geringer Steifheit des extrudierten Profils (z. B. bei weichen thermoplastischen Kunststoffen) für den Profilquerschnitt, für einzelne Querschnittsbereiche oder die Profillänge keine bleibende Formabweichung erreicht wird.

#### Profilquerschnitt

Die Grenzabweichungen für Längenmaße und die Form- und Lagetoleranzen gelten für jeden, an beliebiger Stelle rechtwinklig zur Extrusionsrichtung liegenden Profilquerschnitt. Bei Profilen, die noch andere Werkstoffe enthalten, gelten die angegebenen Allgemeintoleranzen nur für den Anteil an thermoplastischen Kunststoffen.

#### Maßtoleranzen

Allgemeintoleranzen nach dieser Norm gelten für:

- Längenmaße (z. B. Außen-, Innen-, Absatzmaße, Durchmesser usw.) nach Tabelle 1.
- Wanddicken nach Tabelle 2.

Tabelle 1: Grenzabmaße für Längenmaße

Toleranzreihe	Nennmaßbereich											
	bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 120	über 120 bis 180	über 180 bis 250	über 250 bis 320	über 320
2A und 2B	+/-0,3	+/-0,4	+/-0,5	+/-0,6	+/-0,7	+/-0,8	+/-1,0	+/-1,2	+/-1,4	+/-1,7	+/-2,0	+/-0,8%
3A und 3B	+/-0,4	+/-0,6	+/-0,7	+/-0,8	+/-1,0	+/-1,2	+/-1,5	+/-1,9	+/-2,3	+/-2,8	+/-3,5	+/-1,4%
4A und 4B	+/-0,5	+/-0,7	+/-0,9	+/-1,1	+/-1,4	+/-1,8	+/-2,3	+/-2,9	+/-3,6	+/-4,5	+/-5,6	+/-2,0%

Tabelle 2: Grenzabmaße für Wanddicken

Toleranzreihe	Nennmaßbereich					
	bis 1,2	über 1,2 bis 2,5	über 2,5 bis 4	über 4 bis 6,5	über 6,5 bis 10	über 10
2A und 2B	+/-0,2	+/-0,3	+/-0,4	+/-0,5	+/-0,6	+/- 8,0%
3A und 3B	+/-0,3	+/-0,4	+/-0,5	+/-0,6	+/-0,8	+/-10,0%
4A und 4B	+/-0,3	+/-0,4	+/-0,5	+/-0,6	+/-0,8	+/-10,0%

Maße in Millimeter.

# Elastomere und Kunststoffe

## Chemische Beständigkeit der Werkstoffe

Elastomere/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyethylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Acetaldehyd	3	2	1	2	3	4	n.n.	1	4	3	2	4	1	1	2	2	1
Aceton	3	n.n.	1	1	3	4	4	2	4	2	n.n.	3	1	1	1	n.n.	1
Acetylaceton	4	4	1	1	1	4	n.n.	4	n.n.	n.n.	4	4	4	4	n.n.	2	1
Acetylgas	1	1	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Acrylnitril	2	4	1	1	1	4	n.n.	2	4	3	2	4	1	1	1	1	1
Acrylsäureathylester	3	n.n.	2	2	3	4	4	2	4	1	4	4	n.n.	n.n.	1	2	1
Adipinsäure	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Adipinstiurediäthylester	3	n.n.	1	1	3	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Aethon(gas)	4	1	n.n.	4	2	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1
Aethanol	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Aethanolamin	1	n.n.	1	1	1	2	2	3	4	2	2	n.n.	1	n.n.	n.n.	2	1
Aether (Aethyloether, Diaethyloether)	n.n.	1	n.n.	4	3	4	2	n.n.	n.n.	3	4	3	4	4	1	1	1
Aetherische Öle*	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	2	n.n.	4	n.n.	3	1	4	4	4	n.n.	1	1
Aethylacetat	3	n.n.	2	2	3	n.n.	n.n.	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2	1	1	3	1
Aethylacrylat	3	n.n.	2	2	3	4	4	2	4	1	4	4	n.n.	n.n.	1	2	1
Aethylaether	n.n.	1	n.n.	4	3	4	2	n.n.	n.n.	3	4	3	4	4	1	1	1
Aethylalkohol (vergällt = Spiritus)*	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Aethylbenzol	4	4	4	4	4	3	n.n.	n.n.	1	4	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Aethylbromid	2	2	1	1	1	1	2	n.n.	1	4	1	4	2	3	1	1	1
Aethylchlorid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	2	3	n.n.	2	1	n.n.	1
Aethylen(gas) (Aethenl)	4	1	4	n.n.	2	1	1	2	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	1	1
Aethylenchlorid	3	n.n.	2	2	3	3	n.n.	n.n.	3	4	1	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	1
Aethylendiamin	1	4	1	1	1	2	1	3	4	2	2	4	1	1	1	2	1
Aethylen glykol	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aethylenoxid	4	n.n.	3	3	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	4	4	1	1	1	1
Aethylenoxid, flüssig	n.n.	n.n.	3	3	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	n.n.	2	1	1
Aethylglykol	4	2	4	2	2	4	4	n.n.	n.n.	4	n.n.	4	n.n.	1	1	4	1
Aethylglykolacetat	2	n.n.	2	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	1	1
Aethylmerkaptan	4	4	4	3	3	4	4	3	n.n.	2	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2	1
Aetzkalk	s. Calciumhydroxid/Aetzkali: s. Kaliumhydroxid/Aetznatron: s. Natriumhydroxid																
Akkusäure	2	2	1	1	2	2	2	4	4	1	1	1	1	1	4	4	1
Alaun	1	1	1	1	1	2	n.n.	2	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Aliphate: s. Benzine und Homologe: Allgemein gilt	4	2	4	4	3	1	1	4	2	4	1	3	4	2	1	1	1
Alkohole: s. spezifische Bezeichnungen Allgemein gilt	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1
Allylchlorid	4	4	4	4	4	4	4	1	n.n.	n.n.	n.n.	4	4	2	1	4	1
Aluminiumacetat, wässrig (Essigsäure Tonerde)	1	n.n.	1	1	1	1	1	4	4	1		1	1	1	1	2	1
Aluminiumchlorid, wässrig	1	1-2	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	4	1
Aluminiumfluorid	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1-2	1
Aluminiumhydroxid	1	2	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1	1
Aluminiumnitrat, wässrig	1	n.n.	1	1	1	1	1	2	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	2-3	1
Aluminiumphosphat, wässrig (Phosphorsäure Tonerde)	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	n.n.	2-3	1
Aluminiumsulfat wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	2	1	1	1	1	1	3	1
Ameisensäure	1	4	1	1	1	2	2	2	3	1	3	3	2	1	4	2	1

Fortsetzung ▶

# Elastomere und Kunststoffe

## Chemische Beständigkeit der Werkstoffe

Elastomere/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyethylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MO	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Ammoniak flüssig	2	4	1	1	2	2	n.n.	3	4	2	4	3	1	1	1	1	1
Ammoniakgas 20 °C	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	1	1	2	1	1	1	1	1	1	n.n.
Ammoniak in Wasser (Salmiakgeist)	1	4	1	1	1	1	n.n.	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1
Ammoniumcarbonat, wässrig	2	4	1	1	1	2	2	2	n.n.	1	1	1	1	1	2	1	1
Ammoniumchlorid, wässrig (Salmiak)	1	1	1	1	1	1	1	1	n.n.	2	1	1	1	1	1	2	1
Ammoniumdiphosphat, wässrig	1	1	1	n.n.	1	1	n.n.	1-2	n.n.	1	1	1	1	1	1	2	1
Ammoniumhydroxid, wässrig	1	4	1	1	1	1	n.n.	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1
Ammoniummetaphosphat	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Ammoniumnitrat, wässrig	1	1	1	1	1	1	1	1	n.n.	2	1	1	1	1	1	1	1
Ammoniumnitrit	1	n.n.	1	1	1	1	1	2	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Ammoniumpersulfat, wässrig	1	2	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	2	2	1
Ammoniumphosphat, wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	2	1	1	1	1	1	1	1
Ammoniumsulfat	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	2	1	1	1	1	1	1	1
Ammoniumthiocyanat	1	2	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1
Amyloacetat <sup>1)</sup>	4	4	2	2	4	3	4	3	4	4	4	4	2	2	1	2	1
Amylalkohol	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Amylborat	4	n.n.	4	4	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Amylchlorid	4	4	4	4	4	4	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	4	4	3	1	3	1
Anilin (Aminobenzol)	4	4	2	4	3	4	4	2	3	3	1-2	2	1	1	1-2	3	1
Anilinfarbstoffe	3	4	2	2	3	4	n.n.	2	2	3	1	1	3	1	1	1	1
Anol	1-2	4	4	4	1	2	n.n.	2	1	1	1	4	1	1	1	1	1
Antichlor	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Antimonchlorid 50%	1	2	1	1	1	3	n.n.	4	n.n.	1	1	1	1	1	4	1	1
Apfelsäure, wässrig <sup>1)</sup>	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Argongas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aromaten: s. Benzol, Toluol, Xylol und Homologe: allgemein gilt	4	4	4	4	4	3-4	4	4	1	3-4	1-2	4	4	3	1	1-2	1
Arsenige Säure (Arsensäure)	2	3	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Asphalt (Erdpech)	4	2	4	4	2	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1-2	1	1
Ate-Bremsflüssigkeit	4	2	4	4	3	2	n.n.	4	n.n.	3	1	2	2	2	1	1	1
Boriumchlorid, wässrig	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Bariumhydroxid	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Bariumsulfat (Baryt)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bariumsulfid	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Baumwollsamemöl*	4	1	1	1	1-2	1	1	1-2	1	1-2	1	1	1	1	1	1	1
Benzaldehyd	3	3	1	2	4	4	4	3	4	4	2	3	4	1	1-2	2	1
Benzin, niederaromatisch	4	2	4	4	2-3	1	1	4	1	4	1	3	4	2	1	1	1
Benzin, hocharomatisch	4	2-3	4	4	3	1-2	1-2	4	1	4	1	3	4	2	1	1	1
Benzin, Flugzeug-	4	1-2	4	4	2-3	1	1	4	1	1	2	1	3	4	3	1	1
Benzoessäure, wässrig	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	1	1	1	1	1	1
Benzol	4	4	4	4	4	3-4	3-4	4	1	3-4	1-2	4	4	3	1	1	1
Benzylalkohol	1-2	4	1	1	3	4	4	1	2	2	1	3	3	3	3	2	1
Benzylbenzoat	4	n.n.	2	2	4	4	n.n.	n.n.	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2	1
Benzylchlorid	3	4	2	4	3	4	n.n.	2	1	4	1	4	2-3	2-3	n.n.	2-3	1
Bergblau (Kupferhydroxid)	1	1	1	1	1-2	4	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	1	1
Bestrahlung, radioaktive: allgemein gilt	4	3	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4
Bewitterung	4	1	1	1	1-2	4	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1
Bier <sup>1)</sup>	1	1	1	1	1-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5% Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10% Volumenquellung/gut;

3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20% Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht;

\* bedingt aussagefähig; n.n. Keine Werte vorhanden

Fortsetzung ▶



# Elastomere und Kunststoffe

## Fortsetzung: Chemische Beständigkeit der Werkstoffe

Elastomere/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyethylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Biphenyle, polychlorierte	4	2	4	4	4	1	4	2	1	4	1	3	3	4	1	1	1
Bismuthcarbanat (Wismutcarbonat)	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1-2	1
Bisulfidlauf SO <sup>2</sup> -haltig	1	n.n.	1	1	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1	n.n.	3	1
Bittersalz	2	1	1	1	1	2	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Bitumen 20 °C (s. auch Heißbitumen)	4	2	4	4	3	2	1	4	1	3	1	4	1	1	1	1	1
Blancfix	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Blausäure 20 %	2	2	1	1	3	3	n.n.	2	2	2	2	1	1	1	n.n.	2	1
Blausäure 98 % (konz.)	3	2	n.n.	2	3	3	n.n.	2	n.n.	2	2	1	1	1	n.n.	3	1
Bleiacetat, wässrig	1	1	1	1	1	1	2	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1-2	n.n.	1
Bleiarсенat, wässrig	1	1	n.n.	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1
Bleichlauge Uovelle-Lauge	2	4	2	2	4	2	n.n.	2	n.n.	4	1	1	3	3	4	n.n.	1
Bleinitrat	1	n.n.	1	1	1	1	1	2	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Bleisulfat	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	n.n.	1	1
Borsäure, wässrig	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1-2	1	1
Branntweine aller Art*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Braunkohlenteeröl	4	4	4	4	3	2	2	1	4	1	2	2	2	2	1	1	1
Brennsprit	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Bremsöle	s. Fette und Öle																
Brom	4	4	3-4	4	4	3-4	n.n.	4	2	4	1	4	4	4	4	4	1
Bromenzol	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	1	4	4	4	4	1	1
Bromwasser	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	4	4	4	4	4	1
Bromwasserstoffsäure	3	3	1	2	2	3	n.n.	2	n.n.	1	1	4	1	1	1	4	1
Butadien	4	1-2	3	3	2	4	4	n.n.	2	2	1	3	1	4	n.n.	1	1
Butan-Gas (Butagas)	2	1	3	2	1	1	1	3	n.n.	1	1	1	4	4	1	1	1
Butan flüssig	4	1	4	4	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Butanolis Butylalkohol BUi011011	4	4	1	1	4	4	4	4	4	4	4	3	1	1	1	3	1
Butter <sup>1)</sup>	3	2	2	1	2	1	1	1	n.n.	2	1	2	1	1	1	1	1
Buttermilch <sup>1)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Buttersäure, wässrig*	4	4	3	2	3	4	n.n.	2	n.n.	2-3	3	1	4	1	1-2	1-2	1
Butylacetat	3	4	2	2	4	4	4	3	4	3	4	4	4	2	1	1	1
Butylaether	4	3	4	3	2	1	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1
Butylalkohol	1	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Butylamin	4	4	4	4	4	3	n.n.	2	4	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	1
Butylbenzoat	4	n.n.	1	1	4	4	n.n.	n.n.	1	4	1	n.n.	n.n.	2	n.n.	2	1
Butylcarbitol	n.n.	n.n.	1	1	2	1	n.n.	n.n.	n.n.	2	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Butylen, flüssig	3	n.n.	2	2	3	2	n.n.	n.n.	4	3	1	1	4	4	n.n.	1	1
Butylglykol	1	3	1	1	3	1	n.n.	2	4	n.n.	1	4	1	1	1	1	1
Butyloleat	n.n.	n.n.	2	2	4	n.n.	n.n.	n.n.	2	4	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Butylstearat	4	1	3	3	4	2	n.n.	1	2	n.n.	1	1	4	1	1	1	1
Butyraldehyd	3	n.n.	2	2	2	3	n.n.	3	4	3	n.n.	n.n.	1	3	n.n.	2	1
Calciumacetat	1	n.n.	1	1	2	2	n.n.	n.n.	4	2	4	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1
Calciumbisulfat, wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Calciumbisulfit	2	3	1	1	2	3	n.n.	2	1	1	1	1	1	1	1	4	1
Calciumcarbonat	1	1	1	1	1	1	1	1	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1-2	1
Calciumchlorid, wässrig	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Calciumhydroxid, wässrig (gelöschter Kalk)	1	3	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1-2	1
Calciumhypochlorit, wässrig	2	4	2	1	4	1	2	3	1	2	1	1	1	1	4	3	1
Calciumnitrot	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	n.n.	n.n.	1

Fortsetzung ▶

# Elastomere und Kunststoffe

## Chemische Beständigkeit der Werkstoffe

Elastomere/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	NBR, SBR	AU, EU	IIR	EPM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyethylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
Calciumoxid Kalk, gebrannt	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	1
Calciumsulfat (Gips), wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1	1
Calciumsulfid	2	1	1	1	1	2	n.n.	2	n.n.	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Carbitol	2	4	2	2	2	2	n.n.	2	2	2	1	4	4	1	4	3	1
Carbolsäure	3	4	1	1	3	4	4	2	2	3	1	4	4	1	4	3	1
Carbolineum, wässrig	4	4	2	2	2	2	n.n.	4	n.n.	1	1	3	1	1	1	1	1
Celluloseacetat	3	1	1	2	3	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1
Cellulube Hydrauliköl	4	4	2	2	4	4	4	2-3	n.n.	4	1	4	4	3	1	n.n.	1
Chlor, trocken	2	4	3	3	4	3	2	4	1	2	1	1	4	4	4	4	1
Chlor, feucht	3	4	3	3	4	4	2	4	2	2	1	4	4	4	4	3	1
Chloraethyl	s. Aethylchlorid/Chlorbenzol: s. Monochlorbenzol																
Chlorbrommethan	4	3	2	3	4	4	n.n.	4	2	4	1	4	4	4	1	3	1
Chlorbutadien	4	n.n.	4	4	4	4	n.n.	n.n.	2	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Chlorcalcium	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Chlordioxid	4	4	3	3	4	4	n.n.	3	2	1	1	n.n.	4	4	n.n.	4	1
Chlordiphenyl (Clophen)	4	4	4	4	4	4	n.n.	2	n.n.	4	1	4	1	1	1	1	1
Chloressigsäure	4	4	2	2	4	4	n.n.	4	n.n.	2	4	4	4	1	4	4	1
Chlorkalk	2	4	2	1	4	1	2	3	1	2	1	1	1	1	4	3	1
Chlorkohlenwasserstoffe: s. einzelne Bezeichnungen. Allgemein gilt	4	4	4	4	4	2-3	n.n.	4	n.n.	4	2	4	4	4	2	3	1
Chlormethyl	3	4	2	2	4	4		4	2	4	3	3	4	2	1	4	1
Chloroform (Trichlormethan)	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	4	4	4	3	4	1
Chlorothene	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	n.n.	4	2	1	4	1
Chlorsäure, wässrig	4	n.n.	2	2	4	4	n.n.	n.n.	2	1	4	1	1	1	4	4	1
Chlorsulfonsäure	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	n.n.	4	4	4	4	4	4	4	1
Chlorwasser 3%	3	3	4	3	2	3	n.n.	2	n.n.	3	2	1	2	2	4	4	1
Chlorwasserstoff(säure)	s. Salzsäure																
Chromsäure 10%	4	3	3	2	4	4	n.n.	3	3	2	1	1	1	1	3	2-3	1
Chromsäure 25%	4	4	4	2	4	4	n.n.	4	3	2	1	2	1	1	4	4	1
Chromsäure 50%	4	4	4	2	4	4	n.n.	4	3	2	1	4	3	1	4	4	1
Citronensäure*	1-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1-2	2	1
Clophen	4	4	4	4	4	4	n.n.	2	n.n.	4	1	4	1	1	1	1	1
Cresol	4	4	4	4	3	3	n.n.	2	2	3	1	4	4	4	4	3	1
Cyankali	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1
Cyanwasserstoff (säure)	s. Blausäure																
Cyannatrium	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cyclohexan (Hexahydrobenzol)	4	2	4	4	4	1	n.n.	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1
Cyclohexanol	1-2	4	4	4	1	2	n.n.	2	1	1	1	4	1	1	1	1	1
Cyclohexanon	4	4	3	3	4	4	4	2	4	4	4	4	1	1	1	1	1
Dampf bis °C	4	4	120	130	4	100	100	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	120	100	100	150	1	4
Dekalin (Dekahydronaphthalin)	4	1	4	4	4	1-2	n.n.	4	1	4	n.n.	1	3	1	1	1	1
Dextrose	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diacetonalkohol	4	2	1	1	3	4	4	1	n.n.	3	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Dioethonolamin	n.n.	n.n.	2	1	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	1	1
Dioethylaether	n.n.	1	n.n.	4	3	4	2	n.n.	n.n.	3	4	3	4	4	1	1	1
Diaethylamin	2	3	2	2	3	3	n.n.	2	4	3	4	n.n.	3	3	1-2	1-2	1
Diaethylbenzol	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	1	4	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Diaethylenglykol	1	3	1	1	1	1	n.n.	2	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5% Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10% Volumenquellung/gut; 3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20% Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht; \* bedingt aussagefähig; n.n. Keine Werte vorhanden

Fortsetzung ▶

# Elastomere und Kunststoffe

## Fortsetzung: Chemische Beständigkeit der Werkstoffe

Elastomere/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyethylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Diaethylenalkolmonoaethylaether (Corbitol)	2	4	2	2	2	2	n.n.	2	2	2	2	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1
Diaethylsebazat	n.n.	n.n.	2	2	4	4	n.n.	2	2	4	2	n.n.	n.n.	1	n.n.	1	1
Dibenzylaether	4	4	2	2	4	4	4	2	n.n.	4	1	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Dibutylamin	4	n.n.	4	4	4	4	n.n.	3	4	4	4	n.n.	n.n.	3	n.n.	1-2	1
Dibutylphthalat	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3-4	2	3	3	1	1	1	1
Dibutylsebazat	4	4	1	2	4	4	2	1	2	4	2	3	1	1	n.n.	1	1
Dichloräthylen	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	n.n.	4	2	4	4	2	1	4	1
Dichlorbenzol	4	4	4	4	4	3	n.n.	4	2	4	1	4	3	3	n.n.	1	1
Dichlorisopropylaether	4	2	3	3	4	4	n.n.	4	3	4	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Dichlormethan	4	4	4	4	4	3	n.n.	4	2	4	2	4	4	4	2	3	1
Dieselöl	4	2	4	4	2-3	1	1	3	1	3	1	3	2	3	1-2	1	1
Diglykol	1	3	1	1	1	1	n.n.	2	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Dimethylaether	4	2	3	4	3	3	n.n.	n.n.	n.n.	3	3	4	2	2	n.n.	1	1
Dimethylamin	4	n.n.	4	2	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	4	4	4	3	3	1	1-2	1
Dimethylanilin	2-3	4	1	2	4	4	n.n.	2	4	3	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1-2	1
Dimethylformamid	1	3	3	2	3	2	n.n.	2	n.n.	3	4	n.n.	1	1	1	2-3	1
Dimethylphtholat	4	n.n.	2	2	4	4	n.n.	n.n.	2	4	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Diocylphthalat	4	2	3	2	4	4	2	3	n.n.	4	1-2	3	3	3	1	1	1
Dioctylsebazot	4	2	2	2	4	4	3	3	2	4	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Dioxan	4	4	1	2	4	4	n.n.	4	3	4	4	4	1	3	1	1-2	1
Diphenyl	4	4	3	4	4	3	n.n.	4	2	4	1	4	2	2	n.n.	1	1
Diphenyloxid	4	4	4	4	4	4	n.n.	2	2	4	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Dipropylenglykol	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	1
Dodecylalkohol	n.n.	n.n.	1	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	1
Eau de Javelle	2	4	2	2	4	2	n.n.	2	n.n.	4	1	1	3	3	4	n.n.	1
Eisenchlorid (Fern), wässrig	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2-3	2-3	1
Eisensulfat, Eisenvitriol, wässrig	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2-3	1	1
Eisessig	s. Essigsäure konzentriert																
Entwicklerflüssigkeiten (allgemein)	1-2	2	2	2	1	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Epichlorhydrin flüssig	4	4	2	2	4	4	n.n.	4	4	4	4	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1
Erdgas	s. Naturgas																
Erdöl	s. Öle, mineralische																
Essig, (Speiseessig) <sup>1)</sup>	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1
Essigaether/Essigester	3	n.n.	2	2	3	n.n.	n.n.	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2	1	1	3	1
Essigsäure 10%	2	4	1	1	1	2	1	3	2	1	2	3	1	1	4	1	1
Essigsäure 25%	3	4	1	1	2	4	2	3	2	2	2	4	2	1	4	3-4	1
Essigsäure 50%	4	4	2	2	3	4	3	3	3	2	2	4	3	2	4	3-4	1
Essigsäure 100% (konz.)	4	4	2	3	4	4	4	3	3	2	4	4	2	2	4	3-4	1
Essigsäureaethylester	3	n.n.	2	2	3	n.n.	n.n.	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2	1	1	3	1
Essigsäurehydrid 50%	2	4	1	1	3	3	4	1	4	1	4	4	3	1	1	n.n.	1
Essigsäure Tonerde	1	n.n.	1	1	1	1	1	4	4	1		1	1	1	1	2	1
Ester: s. einzelne Bezeichnungen allgemein gilt	4	4	4	2	4	4	3-4	4	n.n.	4	4	4	1-2	1-2	1	1-2	1
Fette	s. Öle und Fette																
Fettsäuren allgemein	3	1	3	3	2	2	1	3	n.n.	3	1	1	3	3	2	3	1
Fluor flüssig	n.n.	n.n.	3	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	n.n.	2	n.n.	4	4	n.n.	n.n.	1
Fluorbenzol	4	n.n.	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Fluorborsäure 65%	2	4	4	2	2	2	n.n.	4	n.n.	2	n.n.	1	1	1	n.n.	4	1

Fortsetzung ▶

# Elastomere und Kunststoffe

## Chemische Beständigkeit der Werkstoffe

Elastomere/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	NBR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyethylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
Fluorsiliziumsäure	1	4	2	2	3	2	n.n.	4	n.n.	2	4	1	1	1	3	4	1
Fluorwasserstoff(säure)	s. Flusssäure																
Flusssäure 10%	3	2	4	4	4	3	n.n.	1	n.n.	1	1-2	1	2	1	4	4	1
Flusssäure 30%	4	2	4	4	4	4	n.n.	1	n.n.	1-2	1-2	4	2	1	4	4	1
Flusssäure 75%	4	3	4	4	4	4	n.n.	1-2	n.n.	1-2	1-2	4	4	1	4	4	1
Formaldehyd	2	2	2	2	2	2	2	1	n.n.	1-2	1	2	1	1	1-2	1	1
Formalin (30 – 40%ige wässrige Formaldehyd-lösung mit 8 – 12 Methylalkoholzusatz)	1	2	2	1	1	2	n.n.	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Fruchtsäfte*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Furfurylalkohol (Furfurol)	2	4	2	2	2	4	4	2	n.n.	2-3	3	1	4	4	1	2	1
Gallussäure	3	3	2	2	4	4	n.n.	1	1	2	1	1	1	1	n.n.	4	1
Gasoliv	s. Benzine																
Gelatine, wässrig*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gerbsäure (Tannin)	2	1	3	2	2	2	n.n.	2	n.n.	1-2	1-2	1	1-2	1	1	3	1
Gips	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1	1
Glaubersalz	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Glucose <sup>1)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Glycerin	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1
Glycerol	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Glykole: genaue Bezeichnung ermitteln; allgemein gilt	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Harn	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Heißbitumen bis °C	4	4	4	4	4	12	100	4	n.n.	4	180	4	4	4	90	90	200
Heißluft	s. Luft																
Heißteer bis °C	4	4	4	4	4	100	100	4	n.n.	4	180	4	4	4	90	90	200
Heizöle	4	2	4	4	2	1	1	3	1	3	1	3	3	3	1	1	1
Helium	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Heptan	4	2	4	4	2	1	n.n.	4	n.n.	2	1	1	1	2	1	1	1
Hexaldehyd	3	3	1	2	2	4	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	2	1
Hexohydrobenzol	4	2	4	4	4	1	n.n.	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1
Hexolin	1-2	4	4	4	1	2	n.n.	2	1	1	1	4	1	1	1	1	1
Hexan	4	2	4	4	1	1	1	4	1	1	1	1	1	3	1	1	1
Hexanol – Hexylalkohol	1	4	2	1	2	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1
Holzöl	4	2	4	4	3	2	n.n.	3	n.n.	3	1	3	2	2	1	1	1
• Mineralölbasis	4	1	4	4	2	1	1	3	1	2	1	3	3	2	1	1	1
• Glykolbasis	4	1-2	1	1	2	1	1	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1
• Phosphatesterbasis	4	4	2	2	4	4	4	2-3	n.n.	4	1	4	4	3	1	n.n.	1
Hydrazin	2	4	1	1	2	2	n.n.	4	n.n.	2	4	1	1	1	n.n.	1-2	1
Hydrozinhydrat, wässrig	4	4	1	1	3	3	n.n.	3	n.n.	1	1	1	1	1	n.n.	1	1
Jauche	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jovellelauge	2	4	2	2	4	2	n.n.	2	n.n.	4	1	1	3	3	4	n.n.	1
Jodtinktur (5 – 10%ige alkohol. Jodlsg.)	2	4	2	2	4	2	n.n.	4	n.n.	2	1	4	3	2	4	4	1
Isobutanol = Isobutylalkohol	1-2	4	1	1	1	2	n.n.	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Isooctan	4	2	4	4	2	1	1	1	1	2	1	1	4	1	1	n.n.	1
Isooctanol = Isoctylalkohol	1	3	1	2	1	2	n.n.	2	n.n.	2	1	1	1	1	n.n.	1	1
Isophoron	4	4	1	1	4	4	4	4	4	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2	1
Isopropanol = Isopropylalkohol	1	3	1	1	1	2	1	1	2	1	1	3	1	1	1	1	1
Isopropylacetat	3	3	1	2	4	4	n.n.	2	n.n.	4	4	2	n.n.	3	1	1	1
Isopropylaether	4	2	3	3	3	3	n.n.	n.n.	n.n.	3	3	3	3	3	1	1	1

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5% Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10% Volumenquellung/gut; 3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20% Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht; \* bedingt aussagefähig; n.n. Keine Werte vorhanden

Fortsetzung ▶

# Elastomere und Kunststoffe

## Fortsetzung: Chemische Beständigkeit der Werkstoffe

Elastomere/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyethylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Isopropylbenzol	4	3-4	4	4	4	4	n.n.	4	n.n.	4	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Isopropylchlorid	4	n.n.	4	4	n.n.	4	n.n.	n.n.	2	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Kalilauge	1	1	1	1	1	1	1	3	n.n.	1-2	1	1	1	1	1	1-2	1
Kalisolpeter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliacetat, wässrig	4	4	1	1	2	2	n.n.	4	4	4	4	1	1	1	n.n.	1	1
Kaliumaluminiumsulfat (Alaun)	1	1	1	1	1	2	n.n.	2	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumbicarbonat	1	2	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumbichromat	3	2	1	1	3	2	1	1	3	1-2	1	1	1	1	2-3	1	1
Kaliumborat, wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumbromid, wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumcarbonat (Pottasche)	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumchlorat, wässrig	1	2	1	1	1	1	n.n.	2	n.n.	1	1	1	1	1	1	4	1
Kaliumchlorid	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumcyanid (Cyankali)	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1
Kaliumdichromat	3	2	1	1	3	2	1	1	3	1-2	1	1	1	1	2-3	1	1
Kaliumhydroxid (Aetzkali, Kalilauge)	1	1	1	1	1	1	n.n.	3	n.n.	1-2	1	1	1	1	1	1-2	1
Kaliumhypochlorit (Javelle)	2	4	2	2	4	2	n.n.	2	n.n.	4	1	1	3	3	4	n.n.	1
Kaliumjodid, wässrig	3	n.n.	1	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	3	1	1	4	1	1
Kaliumnitrat, wässrig	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumpermanganat 10 °C, wässrig	3	1	1	1	3	2	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	4	1	1
Kaliumphosphat (mono und dibasisch)	1	1	1	1	2	1	n.n.	4	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumsulfat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumsulfit	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	4	1
Kalk, gebrannt	s. Calciumoxid/Kalk, gelöscht: s. Calciumhydroxid/Kalkmilch (Kalkwasser): s. Calciumhydroxid, wässrig																
Kalkstein	1	1	1	1	1	1	1	1	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1-2	1
Kalzium	s. Calcium																
Kalzinierte Soda	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Karbolineum	4	4	2	2	2	2	n.n.	4	n.n.	1	1	3	1	1	1	1	1
Karbolsäure	3	4	1	1	3	4	4	2	2	3	1	4	4	1	4	3	1
Kerosen (Kerosin)	4	2	4	4	3	2	n.n.	3	n.n.	2-3	1	1	4	4	1	1	1
Ketone: s. einzelne Bezeichnungen: allgemein gilt	3-4	4	2	2	4	4	3	2	4	4	4	4	4	4	1-2	1-2	1
Kieselfluorwasserstoffsäure, wässrig	1	4	2	2	3	2	n.n.	4	n.n.	2	4	1	1	1	3	4	1
Kieselsäure	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Kochsalz	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kohlendioxid, gasförmig, sowie nass und trocken	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kohlendisulfid	4	2	4	4	4	4	1	4	1	4	1	2	4	4	1	1	1
Kohlenmonoxid	2	1	3	3	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Kohlensäure	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kohlenstofftetrachlorid (Tetrachlorkohlenst.)	4	3	4	4	4	3	2	4	1	4	1	4	4	4	1-2	1	1
Kokosnuss-Fett und Cl	4	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	4	4	1	1	1
Königswasser	4	4	4	3	4	2	n.n.	3	3	2	2	2	4	4	4	4	1
Kornöl	4	1	3	2	2	1	1	1	1	2	1	2	4	1	1	3	1
Kreosot	4	2	2	2	4	4	4	2	1	2-3	1	2-3	4	4	1	1	1
Kreosole (Kresylsäure)	4	4	4	4	3	3	n.n.	2	2	3	1	4	4	4	4	3	1
Kupferacetat	n.n.	n.n.	1	1	2	2	n.n.	n.n.	n.n.	2	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	n.n.	1

Fortsetzung ▶

# Elastomere und Kunststoffe

## Chemische Beständigkeit der Werkstoffe

Elastomere/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyethylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Kupferchlorid, wässrig	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	2-3	1	1
Kupfercyanid	1	2	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	n.n.	1	1	1	1	1
Kupferhydroxid	1	1	1	1	1-2	4	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	1	1
Kupfernitrat, wässrig	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	3	1	3	1	1	1
Kupfersulfat, wässrig (Kupfervitriol)	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	2-3	1	1	2-3	1	1
Lachgas	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1
Lackbenzin	s. Benzine																
Lanolin	4	1	3	3	2	1	n.n.	3	n.n.	3	1	2	2	3	1	1	1
Laugen: s. genaue Bezeichnungen allgemein gilt	1-2	2	1	1	1-2	2-3	2	2	1-2	1	2	1	1-2	1-2	2-3	3	1
Laürylalkohol	n.n.	n.n.	1	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	1
Lebertran(öl)*	4	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	4	1	1	1	1	1
Leichtbenzin	s. Benzine																
Leim, tierisch	2	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Leinöl*	4	2	2	2	2	1	n.n.	1	1	1-2	1	3	4	1	1	1	1
Leuchtgas	3	3	3	3	3	2	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
Luft, atmosphärische, ölfrei, bis 4 °C	70	80	90	120	90	90	150	175	175	120	200	70	90	100	120	120	200
Luft, ölhaltig, bis +°C	n.n.	80	n.n.	n.n.	90	100	150	175	175	120	200	70	90	100	120	120	200
Magnesiumchlorid, wässrig	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1-2	1	1	1	1	1	1	1
Magnesiumhydroxid	2	1	1	1	1	2	1	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Magnesiumsilikat (Talk)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Magnesiumsulfat	2	1	1	1	1	2	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Magnesiumsulfid, wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	n.n.	4	1
Maische <sup>1)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maleinsäure, wässrig	3	4	3	3	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	4	1	1	1	1	n.n.	3	1
Margarine-Fette und -Öle*	3	1	1-2	3	2	1	1	3	1	1-2	1	2	2-3	2-3	1-2	1	1
Maschinenöle	s. Öle, mineralische																
Meerwasser	s. Wasser																
MEK	4	4	1	1	4	4	4	4	4	4	4	3	1	1	1	3	1
Melasse*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mesityloxid	4	n.n.	2	2	4	4		4	4	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Methan(gas)	4	3	4	3	3	1	1	3	2	3	1	1	1	1	1	1	1
Methanol	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1-2	1	1	1	1-2	1	1
Methylacetat	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	2	1
Methylaethylketon (MEK)	4	4	1	1	4	4	4	4	4	4	4	3	1	1	1	3	1
Methylalkohol	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1-2	1	1	1	1-2	1	1
Methylamin, wässrig	1	n.n.	1	1	1	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	3	1	1	1	1	1
Methylchlorid	3	4	2	2	4	4		4	2	4	3	3	4	2	1	4	1
Methylenchlorid	4	4	4	4	4	3	n.n.	4	2	4	2	4	4	4	2	3	1
Methylglykol (Methylcellosolve)	4	n.n.	2	2	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2	4	4	1	1	1	2	1
Methylcycloacetat	4	4	2	2	n.n.	4	n.n.	4	n.n.	n.n.	4	n.n.	n.n.	1	1	2	1
Methylisobutylketan	4	4	3	3	4	4	4	3	4	4	4	n.n.	1	n.n.	1	2	1
Methylphthalat	4	n.n.	2	2	4	4	n.n.	n.n.	2	4	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Milch*	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Milchsäure, wässrig*	2	2	2	2	3	3	1	1	1	2	1	3	2	1	1-2	1	1
Mineralöl	s. Öle, mineralische																
Milchsäure I (Schwefelsäure/Salpetersäure/Wasser)	4	4	2	4	4	4	n.n.	4	2	4	4	4	4	4	4	4	1

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5% Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10% Volumenquellung/gut; 3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20% Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht; \* bedingt aussagefähig; n.n. Keine Werte vorhanden

Fortsetzung ▶

# Elastomere und Kunststoffe

## Fortsetzung: Chemische Beständigkeit der Werkstoffe

	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyethylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
Elastomere/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Milchsäure II (Schwefelsäure/Phosphorsäure/Wasser)	4	n.n.	2	2	3	4	n.n.	n.n.	2	1	1	1	3	4	4	4	1
Monochlorbenzol	4	3	4	4	4	4	4	3	2	4	2	4	4	1	1	1	1
Monochloressigsäure	4	4	2	2	4	4	n.n.	4	n.n.	2	4	4	4	1	4	4	1
Monochlormethan	3	4	2	2	4	4		4	2	4	3	3	4	2	1	4	1
Monostyrol	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	2	4	4	4	1	1	1
Most, unvergoren*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Most, vergoren	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motorenöl	s. Öl und Fette, mineralische Zusätze abklären																
Myristylalkohol – Myristinalkohol	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Naphtha (Erdöl)	4	2	4	4	4	1	1	2	1	3	1	3	4	1	1	1	1
Naphthalin: s. Steinöl	4	2	4	4	4	1	n.n.	3	1	2-3	1	1	4	4	1	1	1
Natriumacetat, wässrig	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	4	n.n.	1	1	1	1	1	1	1
Natriumbicarbonat, wässrig	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumbisulfat	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumbisulfit, wässrig	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1
Natriumborat (Borax)	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Natriumcarbonat	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumchlorat, wässrig	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1
Natriumchlorid (Kochsalz)*	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumcyanid	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumdichromat	2-3	3	2	1	2	3	n.n.	2	n.n.	1	1	n.n.	1	1	n.n.	1	1
Natriumfluoraluminat 10 %	1	2-3	1	1	1	1	n.n.	2	n.n.	n.n.	1	1	1	1	n.n.	1	1
Natriumfluorid	1	2	1	1	1	1	n.n.	2	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1	1
Natriumhydroxid, Natronlauge, Aetznatron 25%, 20 °C	1	2	1	1	1	2	2	2	2	1	3	1	1	1	1-2	1	1
Natriumhydroxid, Natronlauge, Aetznatron 25%, 100 °C	4	4	2	2	3	4	3	4	3	3	4	4	4	2	2-3	4	1
Natriumhypochlorit 10%	2	2	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	4	2-3	1
Natriumhypochlorit 30%	3	3	2	1	4	2	1	3	2	1	2-3	1	2	1	4	2-3	1
Natriummethaphosphat	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumnitrat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumnitrit	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	3	1
Natriumperborat	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Natriumperoxid	2	3	2	2	3	2	n.n.	4	1	2	2	n.n.	n.n.	1	1	1	1
Natriumphosphat (s. auch zusätzlich Trinatriumphosphat)	1	2	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumsilikat, wässrig	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumsulfat, wässrig	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumsulfid, wässrig	3	n.n.	1	1	4	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	4	1	1	1	1	1	1
Natriumsulfit, wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	2-3	1
Natriumthiosulfat (Antichlor)	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1
Natron, auch doppeltkohlensaures N	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natronsalpeter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Naturgas, nass	3	1-2	4	3	1	1	1	4	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Naturgas, trocken	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nickelsulfat, wässrig	1	2	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	1-2	1	1
Nitriersäure	Gemische aus Salpetersäure und konz. Schwefelsäure, s. diese																
Nitrobenzol	3	4	4	4	4	4	n.n.	4	4	4	2	4	4	1	1-2-2-3	1	1

Fortsetzung ▶

# Elastomere und Kunststoffe

## Chemische Beständigkeit der Werkstoffe

Elastomere/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyethylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Nitropropan	4	4	2	2	4	4	n.n.	4	n.n.	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	2-3	1
Nitrotoluol	4	n.n.	3	3	4	3	n.n.	n.n.	2	4	3	4	1	n.n.	n.n.	2-3	1
Nonylalkohol (Nonanol)	4	4	4	1	1	4	n.n.	2	n.n.	2	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1
Obstpulpe <sup>1)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Obstweine vergoren*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Octan	4	1	4	4	3	1	n.n.	4	2	4	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1
Octanol = Octylalkohol	2	4	1	1	1	2	n.n.	2	n.n.	1	1	4	1	1	1	1	1
Ölsäure	4	1	4	4	3	2	n.n.	4	1	4	2	1	2	3	1	1-2	1
Öle und Fette																	
• mineralische, ohne Zusätze bei 20 °C	4	1	4	4	2-3	1	1	2-3	1	2-3	1	2	2	2	1	1	1
• mineralische, ohne Zusätze bis °C	4	60	4	4	4	120	140	4	180	150	200	4	30	40	100	100	200
• ASTM-Öl Nr. 1 20 °C	4	1	4	4	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1
• ASTM-Öl Nr. 2 20 °C	4	2	4	4	2	1	1	3	1	2	2	2	3	3	1	1	1
• ASTM-Öl Nr. 3 20 °C	4	2	4	4	2	1	1	3	1	2	2	2	3	3	1	1	1
• tierische (animalische) <sup>1)</sup>	4	1	2	2	2	1	1	3	1	1-2	1	2	2-32	31-2	1	1	1
• pflanzliche (vegetabile) <sup>1)</sup>	3	1	1-2	3	2	1	1	3	1	1-2	1	2	2-32	31-2	1	1	1
Transformator-Öle (Pyranole)	4	2	4	4	4	1	4	2	1	4	1	3	3	4	1	1	1
• auf Silikonbasis	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
• Dieselöl	4	2	4	4	2-3	1	1	3	1	3	1	3	2	3	1-2	1	1
• Heizöl	4	2	4	4	2	1	1	3	1	3	1	3	2	3	1-2	1	1
Hydrauliköle auf																	
• Mineralölbasis	4	2	4	4	2	1	1	3	1	1-2	1	3	3	2	1	1	1
• Glykolbasis (Polyalkylglykole)	4	1-2	1	1	2	1	2	2	n.n.	2	3	n.n.	1	1	1	1	4
• Phosphatesterbasis	4	4	2	2	4	4	4	2-3	2	4	1	4	4	3	1	n.n.	1
Olein(säure)	4	1	4	4	3	2	n.n.	4	1	4	2	1	2	3	1	1-2	1
Oleum (rauchende Schwefelsäure)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	1
Oleumdämpfe	4	4	3	3	4	4	n.n.	4	n.n.	3	3	3	4	4	4	4	1
Olivenöl*	4	1	2	3	1	1	1	2	1	1-2	1	1	1	1	1	1	1
Oxalsäure, wässrig	2	4	2	2	2	2	3	1	1	2	1	2	1	1	1-2	2	1
Ozon	4	1	2	1	3	4	1	1	1	1	1	1	1	4	3	4	1
Palmitinsäure	3	1	3	3	2	3	2	1	1	2-3	2	4	1	1	1	2	1
Palmöl*	4	2	1	1	2	1	1	1	1	3	1	3	4	4	1	1	1
Paraffin, Paraffinöle	4	2	3	3	2	1	1	2	1	3	1	1	3	1	1	1	1
Paraformaldehyd	3	1	2	2	2	2	n.n.	1	n.n.	n.n.	2	n.n.	1	1	1-2	1	1
Pentachlorphenol	4	4	1	2	4	4	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	4	1	1
Pentan	4	4	4	4	1	1	1	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	4	n.n.	1	1	1
Perborat	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Perchloraethylen	4	4	4	4	4	2-3	2	2	2	4	1	4	4	4	1-2	1	1
Perchlorsäure, wässrig	2	4	2	2	3	3	3	4	1	1	1	1	1	1	4	4	1
Perhydrol																	
Permanganat	3	1	1	1	3	2	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	4	1	1
Petrol(eum)	4	1	4	4	2	1	1	2	1	3	1	4	2-32	32-3	1	1	1
Petrolaether																	
Pflanzenöle allgemein gilt	3	1	1-2	3	2	1	1	3	1	1-2	1	2	2-32	31-2	1	1	1
Phenol (Corbolsäure), wässrig	3	4	1	1	3	4	4	2	2	3	1	4	4	1	4	3	1
Phosphoroxidchlorid	4	n.n.	1	1	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	4	3	3	n.n.	4	1
Phosphorsäure 50 %	1	2	1	1	1	2	n.n.	2	2	1	1	1	1	1	4	4	1
Phosphorsäure 85 %	1	4	1	1	1	3	n.n.	3	2	1-2	1	1	1	1	4	4	1

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5% Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10% Volumenquellung/gut; 3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20% Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht; \* bedingt aussagefähig; n.n. Keine Werte vorhanden

Fortsetzung ▶



# Elastomere und Kunststoffe

## Fortsetzung: Chemische Beständigkeit der Werkstoffe

	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyethylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
Elastomere/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Phosphorsäure Tonerde	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	n.n.	2-3	1
Phthalsäureanhydrid, wässrig (Phthalsäure)	1	n.n.	1	1	1	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	4	1	1	1	3	2	1
Pikrinsäure	3	4	3	1	3	3	n.n.	1	2	2	1-2	1	1	1	1	4	1
Pinienöl*	4	1	4	4	4	2	1	2	1	4	1	2	2-3	2-3	1-2	1	1
Polychlorierte Biphenyle (Pyranole)	s. Öle, Transformieröle																
Pottasche	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pressluft	-	80	-	-	90	100	150	175	175	120	200	70	90	100	120	120	200
Propan, flüssig	4	1	4	4	2	1	1	3	2	3	1	1	4	1	1-2	1	1
Propangas	1	1	1	1	1	1	1	4	2	2-3	1	1	2	2	1	1	1
Propanol	1	3	1	1	1	2	1	2	1	2	1	3	1	1	1	1	1
Propionsäure	4	n.n.	1	1	3	4	4	n.n.	n.n.	3	1	1	1	1	n.n.	4	1
Propylacetat	4	n.n.	2	1	1	4	4	n.n.	4	4	4	n.n.	2	2	n.n.	1	1
Propylalkohol	1	3	1	1	1	2	1	2	1	2	1	3	1	1	1	1	1
Propylamin	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	n.n.	4	4	n.n.	n.n.	1	n.n.	1-2	1
Propylen (Propen)	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	n.n.	n.n.	1	n.n.	1	1
Propylendichlorid	4	n.n.	4	4	4	4	n.n.	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	4	1-2	4	1
Propylenglykol	1	n.n.	1	1	1	3	n.n.	1	n.n.	1	1	3	1	1	4	1	1
Propylenoxid	4	4	2	2	4	4	n.n.	4	n.n.	4	4	n.n.	n.n.	1	4	2	1
Pydraul	s. Hydraulikflüssigkeiten auf Phosphatesterbasis																
Pyronole	s. Öle, Transformieröle																
Pyridin	4	4	2	1	4	4	3	4	n.n.	3	3	4	1	3	1	1	1
Quecksilber	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1
Quecksilberchlorid (Sublimat)	1	1	1	1	2	3	1	1	n.n.	1-2	1	3	1	1	4	1	1
Quecksilberniträt	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1
Rauchende Schwefelsäuren	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	1
Raps(samen)öl	4	2	1	1	2	2	1	4	1	2	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Rizinusöl*	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	n.n.	2-3	1	1	1	1
Rohöl, stark aromatisch	4	2	4	4	3	1-2	1	4	1	2	1	3	3	3	1	2	1
Rohzuckersaft <sup>1)</sup>	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Solicylsäure, wässrig	1	n.n.	1	1	1	1-2	n.n.	n.n.	1	1	1	n.n.	1	1	1	3	1
Salmiak	1	1	1	1	1	1	1	1	n.n.	2	1	1	1	1	1	2	1
Salmiakgeist	1	4	1	1	1	1	n.n.	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1
Salpetersäure 10%	3	4	1	1	3	3	4	3	n.n.	1-2	1-2	1	1	1	4	4	1
Salpetersäure 25%	4	4	2	1	4	4	4	4	n.n.	1-2	1-2	1	1	1	4	4	1
Salpetersäure 40%	4	4	2	2	4	4	4	4	n.n.	1-2	1-2	2	4	4	4	4	1
Salpetersäure 60%	4	4	4	3	4	4	4	4	n.n.	1-2	1-2	3	4	4	4	4	1
Salz (wenn Kochsalz)	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Salzsäure 15%	1	2	1	1	3	2	2	1	n.n.	1-2	1	1	1	1	4	4	1
Salzsäure 38% (konz.)	2	4	1	1	3	3	4	3	2	1-2	1	2	1	1	4	4	1
Salzsäuregas	1	2	1	1	3	2	n.n.	1	n.n.	1-2	1	1	1	1	4	4	1
Salzwasser	s. Sole oder s. Wasser, Meerwasser																
Sangojol i. Terpentinerölersatz	s. Benzine																
Säuren: s. spez. Bezeichnung. Allgemein gilt	2-3	3	2	1-2	2-3	3	2-3	2	1-2	1-2	1	2-3	1-2	1-2	3	2-3	1
Sauerstoff rein bis +°C	4	80	90	120	90	4	100	175	175	120	200	70	70	70	90	100	200
Scheidewasser	s. Salpetersäure																
Schmieröle und -fette	s. Öle																
Schwefel, geschmolzen, 90 °C	1	2	4	4	4	4	3	1	1	1	1	4	4	4	1	1	1
Schwefeläther	n.n.	1	n.n.	4	3	4	2	n.n.	n.n.	3	4	3	4	4	1	1	1

Fortsetzung ▶

# Elastomere und Kunststoffe

## Chemische Beständigkeit der Werkstoffe

	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyethylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
Elastomere/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Schwefeldioxid	s. schweflige Säure																
Schwefelkohlenstoff	4	2	4	4	4	4	1	4	1	4	1	2	4	4	1	1	1
Schwefelsäure 10 %	1	2	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	4	1-2	1
Schwefelsäure 30 %	2	2	1	1	2	2	2	4	4	1	1	1	1	1	4	4	1
Schwefelsäure 50 %	3	2	1	1	3	3	3	4	4	1	1	1	1	1	4	4	1
Schwefelsäure 75 %	4	4	3	2	4	4	4	4	4	1-2	1	3	3	1	4	4	1
Schwefelsäure 90 %	4	4	4	3	4	4	4	4	4	2	1	4	4	1	4	4	1
Schwefelsäure konz. (Oleum, rauchende S.)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	1
Schwefeltrioxid	2	2	3	2	2	4	3	n.n.	3	2	2-3	1	1	1	1	4	4
Schwefelwasserstoff, feucht	4	3-4	2	2	3	3	2	1	3	1	1	4	1	1	1	4	1
Schwefelwasserstoff, trocken	3	3	2	2	3	2	2	1	2	1-2	1	4	1	1	1	4	1
Schweflige Säure 10 %, feucht	3	2	1	1	3	3	n.n.	1	2	1-2	2	2	2	1	1	4	1
Schweflige Säure 75 %, feucht	4	4	2	2	4	4	n.n.	3	2	2-3	2	4	3	3	4	4	1
Schweinefett	s. Öle und Fette, tierische																
Schwerbenzin (Lack- oder Testbenzin)	s. Benzine																
Seifenlösung	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
reine Silikonöle und -fette	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	4	1	1	1	1	1
Siliziumdioxid (Kieselsäure)	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Skydrol	s. Hydraulikflüssigkeiten, auf Phosphatesterbasis																
Soda, kristallisiert	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soda, kalziniert	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sojabohnenöl <sup>1)</sup>	4	2	3	3	2	1	1	1	2	1	1	4	1	1	1	1	1
Sole (Kochsalzlösung)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Speck*	4	1	4	4	3	1	1	2	1	3	1	n.n.	1	1	1	1	1
Spindelöl	s. Öle, mineralische																
Spiritus	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Stadtgas, Leuchtgas (Erdgas: s. Naturgas)	3	3	3	3	3	2	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
Stärke, wässrig <sup>1)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Stärkesirup*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Stearin(säure)	2	1	2	2	2	2	2	1	n.n.	2-3	2	1	4	4	1	1	1
Steinöl (Naphthalin)	4	2	4	4	4	1	n.n.	3	1	2-3	1	1	4	4	1	1	1
Steinkohlenteer (s. auch HeiSteer)	4	4	4	4	3	2	2	1	1	4	1	2	2	2	1	1	1
Stickoxydul (Lachgas)	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1
Stickstoff	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Styrol, monomer	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	2	4	4	4	1	1	1
Sublimat	1	1	1	1	2	3	1	1	n.n.	1-2	1	3	1	1	4	1	1
Talg	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Talk(um)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tannin	2	1	3	2	2	2	n.n.	2	n.n.	1-2	1-2	1	1-2	1	1	3	1
Teer (s. auch HeiSteer)	4	4	4	4	3	2	2	2	1	4	1	2	2	2	1	1	1
Terpentin(öl)	4	4	4	4	4	1	1	4	2	4	1	3	3	4	1	2	1
Terpentinersatz	s. Benzine																
Testbenzin = White Spirit	s. Benzine																
Tetrachlorethylen (Perchlorethylen)	4	2	4	4	4	2	1-2	4	2	4	1	4	4	4	1-2	1	1
Tetrachlorkohlenstoff (Kohlenstofftetrachlorid)	4	3	4	4	4	3	2	4	1	4	1	4	4	4	1-2	1	1
Tetrahydrofuran	4	n.n.	2	4	4	3	n.n.	n.n.	n.n.	4	4	4	3	4	1	1-2	1
Tetralin = Tetrahydronaphthalin	4	n.n.	4	4	4	3	n.n.	4	1	4	1	1	3	4	1	1	1
Tierfett	s. Öle und Fette, tierische																

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5 % Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10 % Volumenquellung/gut; 3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20 % Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht; \* bedingt aussagefähig; n.n. Keine Werte vorhanden

Fortsetzung ▶

# Elastomere und Kunststoffe

## Fortsetzung: Chemische Beständigkeit der Werkstoffe

Elastomere/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyethylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Toluol	4	4	4	4	4	3	4	4	2	4	1	4	4	4	1	1	1
Tran	4	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	4	1	1	1	1	1
Transformatoröle	s. Öle																
Traubensatz, unvergoren*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Traubenzucker	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Triäthanolamin	3	4	3	3	1	2	n.n.	1	4	3	1	4	1	1	1	1	1
Triäthylamin	n.n.	n.n.	2	4	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	1-2	1
Tributylphosphat	4	4	2	1	4	4	n.n.	n.n.	4	4	4	4	1	n.n.	n.n.	2	1
Trichloräthan (Chlorothene)	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	n.n.	4	2	1	4	1
Trichloräthylen	4	4	4	4	4	3	4	4	2	4	1-2	4	4	2	1-22	3	1
Trichlormethan	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	4	4	4	3	4	1
Tricresylphosphat	1	4	1	1	3	4	4	1	2	4	2	4	3	3	1	2	1
Trinatriumphosphat	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1
Trioctylphosphot	4	n.n.	1	4	4	2	n.n.	3	2	4	4	4	1	1	n.n.	2	1
Urin	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vaseline	s. Öle und Fette, mineralische																
Vinylacetat	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	4	n.n.	n.n.	1	2	1
Vinylchlorid, monomer	2	4	1	2	4	4	n.n.	4	n.n.	n.n.	1	4	4	n.n.	1	4	1
Vitriol	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	2-3	1	1	2-3	1	1
Vitriolöl	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	1
Waschmittel, synth. 20 °C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wasser																	
• Trink- oder Mineralwasser, ohne Zusätze <sup>1)</sup> bis °C	70	60	100	120	70	110	110	120	100	100	150	70	80	90	100	100	200
• Mineralwasser CO <sub>2</sub> gesättigt	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
• Meerwasser	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wasserdampf bis °C	4	4	120	130	4	100	100	120	100	100	150	4	4	4	120	120	200
Wasserglas	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Wasserstoff(gas)	2	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Wasserstoffperoxid 10%	3	2	4	2	4	3	n.n.	1	n.n.	1	1-2	1	2	1	4	1	1
Wasserstoffperoxid 30%	4	2	4	2	4	4	n.n.	1	2	1-2	1	4	1	1	4	1	1
Weine rot und weiß <sup>1)</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Weinsäure, wässrig <sup>1)</sup>	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1
White Spirit	s. Benzine																
Wismutcarbonat (Bismuthcarbonat)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wollfett	4	1	3	3	2	1	n.n.	3	n.n.	3	1	2	2	3	1	1	1
Xylenol	4	4	4	4	4	3-4	4	4	1	4	1-2	4	4	3	1	1	1
Xylol	4	4	4	4	4	3-4	4	4	1	4	1-2	4	4	3	1	1	1
Zinkacetat, wässrig <sup>1)</sup>	4	4	1	1	2	2	n.n.	4	4	4	4	n.n.	1	1	n.n.	1	1
Zinkchlorid, wässrig <sup>1)</sup>	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1-2	1	1	1	2-3	2	1
Zinksulfat, wässrig	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	2-3	1	1
Zinn II-Chlorid, wässrig	1	1	2	2	1	1	n.n.	2	1	1	1	1	1	1	3	4	1
Zitronensäure, wässrig <sup>1)</sup>	1-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1-2	2	1
Zucker, wässrig <sup>1)</sup> (Rohzuckersaft, s. diesen)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5% Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10% Volumenquellung/gut; 3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20% Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht; \* bedingt aussagefähig; n.n. Keine Werte vorhanden

# Kunststoffe

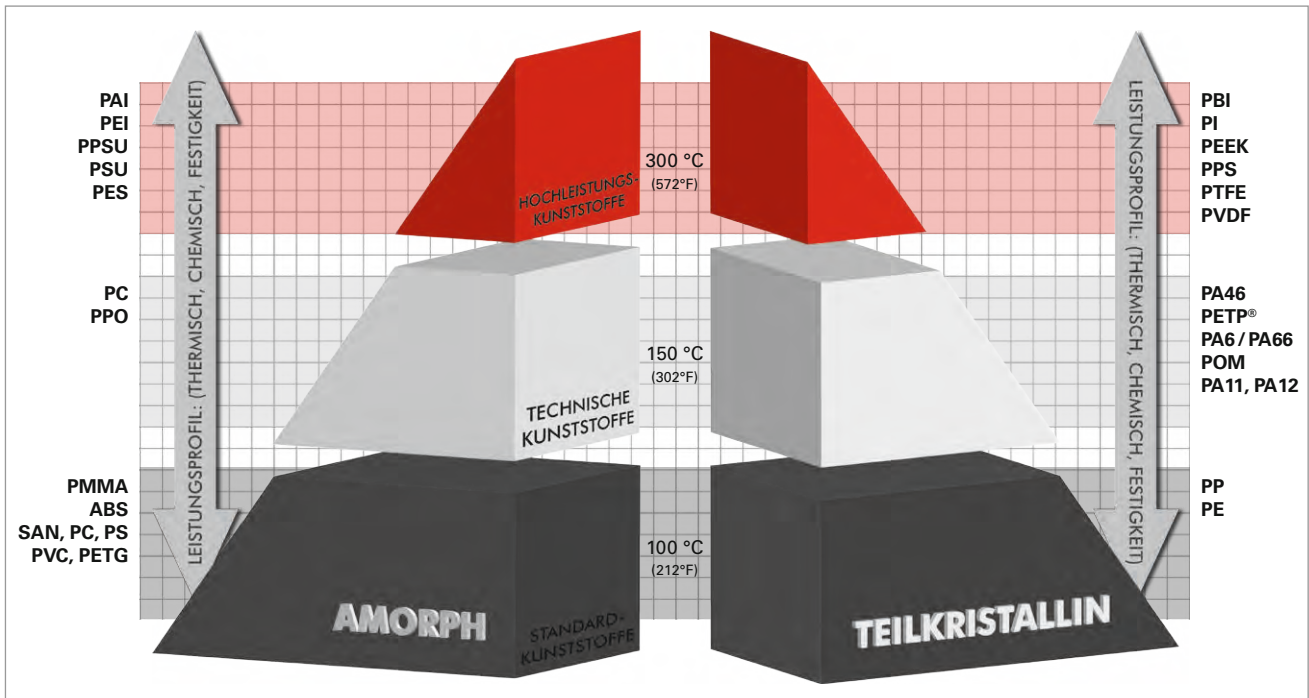
## Spannungsrissauslösende Medien

Spannungsrissauslösende Medien	Spannungsrissanfällige Kunststoffe									
	ABS	PA	PC	PE	PMMA	PP	PS	PVC	SAN	SB
Aceton	*	*	*				*		*	*
Ethanol	*				*		*		*	*
Ether	*			*			*		*	*
Alkohole				*						
Anilin				*		*				
Benzin	*	*		*			*		*	*
Erdöl				*						
Essigsäure				*		*				
Ester				*						
Glycerin					*					
Heizöl				*						
Heptan	*						*		*	*
Hexan	*						*		*	*
Isopropanol	*						*		*	*
Kaliumhydroxid				*						
Ketone			*	*						
Kohlenwasserstoffe, aromat.			*							
Metallhalogenide		*								
Methanol	*						*	*	*	*
Natriumhydroxid				*	*					
Natriumhypochlorid				*		*				
Paraffinöl					*					
Pflanzenöl	*						*		*	*
Quellmittel, chlorhaltig			*							
Salpetersäure				*		*				
Silikonsäure				*						
Schwefelsäure						*				
Tenside				*						
Terpentin			*			*				
Tetrachlorkohlenstoff		*	*	*						
Wasser				*	*					

# Kunststoffe

## Werkstoff-Leistungspyramide Klassifizierung von Kunststoffen

Die Werkstoff-Leistungspyramide ordnet die gebräuchlichsten Thermoplaste nach ihrer thermischen Belastbarkeit. Unter diesen Werkstoffen sind verschiedene „Familien“ erkennbar, die alle in einer Vielfalt von Anwendungen einen hohen Gebrauchswert – „value-in-use“ – aufweisen.



### PBI und PAI für Spitzenleistungen

Diese Materialien erfüllen dort immer noch ihre Funktion, wo andere bereits versagen würden. Dauergebrauchstemperaturen bis 310 °C. Diese Werkstoffe kommen sowohl für thermisch und mechanisch hochbeanspruchte Konstruktionselemente und Bauteile, als auch für Gleitelemente und Verschleißteile zum Einsatz.

### Teilkristalline AEPP wie PEEK, PPS und PVDF

Kombinieren eine ausgezeichnete Chemikalienbeständigkeit mit vorzüglichen mechanischen Eigenschaften, auch bei hohen Temperaturen. Das sind Werkstoffe sowohl für thermisch und mechanisch hochbeanspruchte Konstruktionselemente und Bauteile, ebenso für Gleitelemente und Verschleißteile.

### Amorphe AEPP wie PPSU, PEI und PSU

Diese unverstärkten, amorphen Thermoplaste, die viele gemeinsame Merkmale besitzen, verfügen über eine vorzügliche Kombination von hohen mechanischen, thermischen und elektrischen Eigenschaften. Darüber hinaus bietet ihre lebensmittelrechtliche Zulassung sowie Heißwasser- und Dampfbeständigkeit viele Möglichkeiten für den Einsatz als Konstruktionselemente und als Bauteile in der Medizin-, Pharma- und Lebensmitteltechnik.

# Kunststoffe

## Auswahlkriterien für Kunststoffanwendungen Klassifizierung von Kunststoffen

Teilkristalline Kunststofftypen wie PA Ertalon®/Nylatron® bieten eine hohe mechanische Festigkeit und Steifigkeit, hohe Schlagzähigkeit, geringe Reibung und eine sehr gute Abriebfestigkeit. Aufgrund dieser Eigenschaften eignen sich diese Kunststoffe hervorragend als Ersatz für verschiedenste Materialien von Metall bis Gummi.

POM Ertacetal® verfügt über eine hohe mechanische Festigkeit und Steifigkeit, verbunden mit einer verbesserten Dimensionsstabilität. Als teilkristalliner Kunststoff zeichnet sich Ertacetal® durch einen niedrigen Gleitreibungskoeffizienten und gute Verschleiß-eigenschaften aus.

Der unverstärkte teilkristalline Kunststoff PETP® Ertalyte® bietet eine sehr hohe Dimensionsstabilität in Verbindung mit einem hervorragenden Verschleißwiderstand, geringer Reibung, hoher Festigkeit, Kriechfestigkeit und Beständigkeit gegenüber leicht sauren Lösungen.

Trotz einer, verglichen mit PA Ertalon®/Nylatron®, POM Ertacetal® und PETP® Ertalyte® erheblich geringeren mechanischen Festigkeit, Steifigkeit und Kriechfestigkeit erfüllen auch TIVAR® PE-UHMW-Kunststofftypen die hohen Anforderungen vieler Branchen und sind sowohl für Tiefkühlanwendungen als auch für Temperaturbereiche von bis zu 85 °C geeignet. Diese Werkstoffe zeichnen sich durch eine hervorragende Schlagzähigkeit, eine ausgezeichnete Verschleiß- und Abriebfestigkeit, eine geringe Reibung und exzellente Entformbarkeit aus.

Duratron® PBI, Duratron® PI und Duratron® PAI garantieren höchste Leistungsparameter in strukturellen Anwendungen sowie für Reibungs- und Verschleißanwendungen. Diese Kunststoffe zeichnen sich durch eine außerordentlich hohe Temperaturbeständigkeit aus (Duratron® PBI z. B. bis 310 °C im Dauergebrauch) und können daher in Bereichen eingesetzt werden, in denen andere Materialien versagen würden.

Die teilkristallinen Kunststoffe Ketron® PEEK, Techtron® PPS, Fluorosint® und Symalit® PVDF behalten selbst bei hohen Temperaturen ihre hervorragenden chemischen und mechanischen Eigenschaften bei. Diese Werkstoffe können sowohl für strukturelle Anwendungen als auch für Reibungs- und Verschleißanwendungen eingesetzt werden. Symalit® ECTFE und insbesondere Symalit® PFA überzeugen durch eine hervorragende Wärme- und chemische Beständigkeit in Verbindung mit bemerkenswerten elektrischen Isolationseigenschaften und dielektrischen Eigenschaften.

Die amorphen Kunststoffe Quadrant® PPSU, Quadrant® PSU und Duratron® PEI bieten eine exzellente Stabilität bzw. Beibehaltung ihrer mechanischen Eigenschaften bis zur Glasübergangstemperatur und hervorragende elektrische Eigenschaften. Darüber hinaus eröffnet die Hydrolysebeständigkeit (Autoklavierbarkeit) dieser Materialien optimale Möglichkeiten für einen Einsatz als Werkstoff für tragende Teile in der medizinischen und pharmazeutischen Industrie sowie der Milchwirtschaft.

Von Semitron® ESd 225 – einem elektrostatisch ableitenden Acetal-Kunststoff – bis hin zu Semitron® ESd 520HR – einem elektrostatisch ableitenden Polyamid-Imid-Kunststoff – sind sechs Semitron® ESd-Werkstofftypen für Einsatzbereiche erhältlich, in denen antistatische Eigenschaften in einem breiten Temperaturbereich und für unterschiedliche mechanische Belastungsbedingungen

benötigt werden.

### Auswahl- und Designrichtlinien

#### Schritt 1 – 7

Kunststoffe werden in immer stärkerem Maße als Ersatz für Werkstoffe wie Bronze, Edelstahl, Aluminium und Keramik eingesetzt. Einige der häufigsten Gründe für die Umstellung auf Kunststoffe sind:

- längere Lebensdauer von Teilen
- Notwendigkeit der Schmierung entfällt
- geringerer Verschleiß an Flächen von Kontaktteilen
- geringere Dichte und dadurch auch geringere Trägheitskräfte
- bessere mechanische Dämpfung (Geräuschminderung)
- schnellerer Anlagenbetrieb (höhere Geschwindigkeit von Produktionslinien)
- geringerer Leistungsbedarf zum Betrieb von Anlagen
- chemische Beständigkeit, Korrosionsfestigkeit und Reaktionsträgheit

In Anbetracht der Vielzahl verschiedenster Kunststoffe, die derzeit erhältlich sind, kann die Auswahl eines passenden Werkstoffs ein schwieriger Prozess sein. Nachstehend finden Sie eine Anleitung, die vor allem Personen unterstützen soll, die mit diesen Kunststoffen weniger vertraut sind.

#### Schritt 1

Stellen Sie fest, ob die Komponente eine „Lager- und Verschleißanwendung“ (ein lasttragendes Element, das einer Relativbewegung und Reibungskräften ausgesetzt ist) oder eine tragende, d. h. „strukturelle Anwendung“ (Element, auf das lediglich eine statische oder dynamische Last einwirkt) darstellt.

Nach Bestimmung der primären Funktion der fertigen Komponente werden Sie zu einer Gruppe von Werkstoffen weitergeleitet. Beispielsweise sind teilkristalline Materialien (z. B. Nylon, Acetal) amorphen Werkstoffen (z. B. Polycarbonat, Polysulfon, Polyetherimid oder Polyphenylsulfon) in Lager- und Verschleißanwendungen überlegen. Innerhalb der Werkstoffgruppen können Sie die gewünschten Auswahloptionen weiter eingrenzen, wenn Sie wissen, welche Additive für Ihre Anwendung am besten geeignet sind:

**Verschleißseigenschaften** lassen sich durch MoS<sub>2</sub>, Graphit, Kohlefaser und polymere Schmiermittel (z. B. PTFE, Wachse) verbessern.

**Strukturelle Eigenschaften** (Festigkeit und Steifigkeit) können durch verstärkende Glas- oder Kohlefasern verbessert werden.

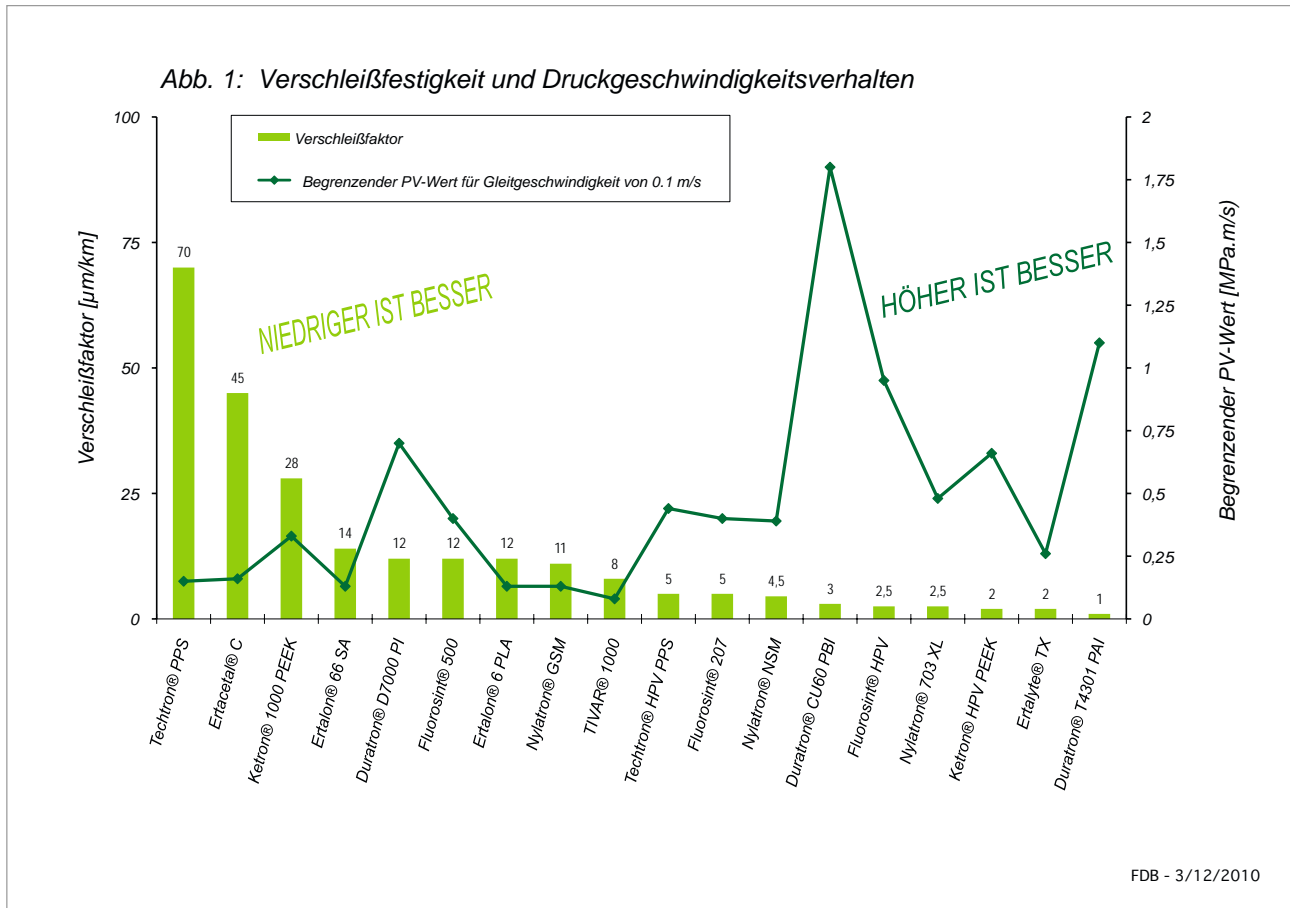
Nachdem Sie die Art der Anwendung bestimmt haben (Verschleiß oder tragend), können Sie Ihre Werkstoffauswahl weiter eingrenzen, indem Sie die gewünschten mechanischen Eigenschaften für Ihre Anwendung festlegen. Bei Lager- und Verschleißanwendungen ist zunächst die Tragfähigkeit bzw. Belastbarkeit (zulässiger Auflagedruck bzw. Lagerdruck und/oder PV-Wert) zu berücksichtigen.

Berechnen Sie den PV-Wert der gewünschten Anwendung wie folgt: Druck (MPa) x Gleitgeschwindigkeit (m/s). Wählen Sie anhand der Abbildung 1 oder aus ähnlichen Diagrammen geeignete Werkstoffe aus, deren begrenzender PV-Wert jeweils über dem von Ihnen rechnerisch für die betreffende Anwendung ermittelten PV-Wert liegt. Diese Auswahl lässt sich anhand der Verschleiß-

# Kunststoffe

faktoren der ausgewählten Werkstoffe weiter eingrenzen. Je niedriger der Verschleißfaktor, desto länger wird der Werkstoff

voraussichtlich halten, d. h. desto höher die Verschleißlebensdauer des Materials.



Tragende Komponenten sind häufig für maximale Dauerbeanspruchungen ausgelegt, die 25% ihrer Zugfestigkeit bei einer bestimmten Temperatur entsprechen. Bei statisch belasteten Komponenten lässt sich mit Hilfe dieser Anleitung das viskoelastische Verhalten von Kunststoffen, das zu einem Kriechen des Materials führt, kompensieren.

Die meisten Werkstoffe, auch Metalle und Kunststoffe, verformen sich unter Last. Diese Verformung (Deformation) verhält sich dabei in einem gewissen Bereich unterschiedlicher Belastungen stets proportional zur aufgebrauchten Last. Da sich die mechanische

Spannung ( $\sigma$ ) proportional zur Last und die Dehnung ( $\epsilon$ ) proportional zur Verformung verhalten, kann man darauf schließen, dass die Spannung ebenfalls proportional zur Dehnung ist.

Nach dem Hookeschen Gesetz lässt sich diese Proportionalität wie folgt ausdrücken:

$$\frac{\text{SPANNUNG } [\sigma]}{\text{DEHNUNG } [\epsilon]} = \text{KONSTANTE } [E]$$

# Kunststoffe

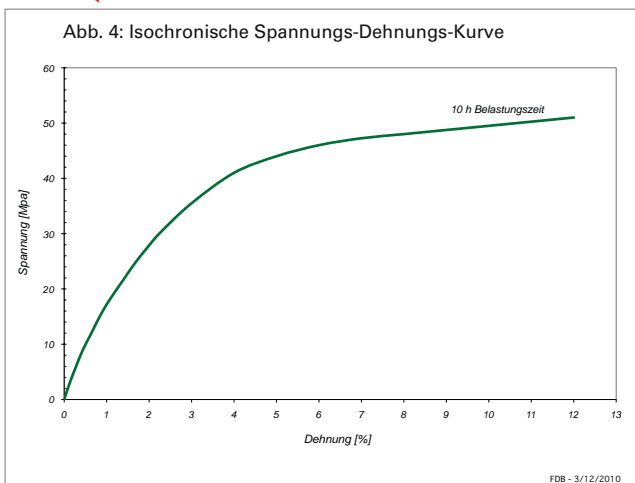
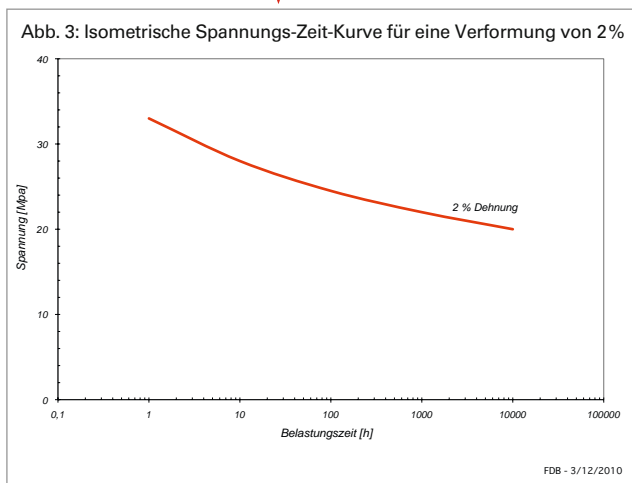
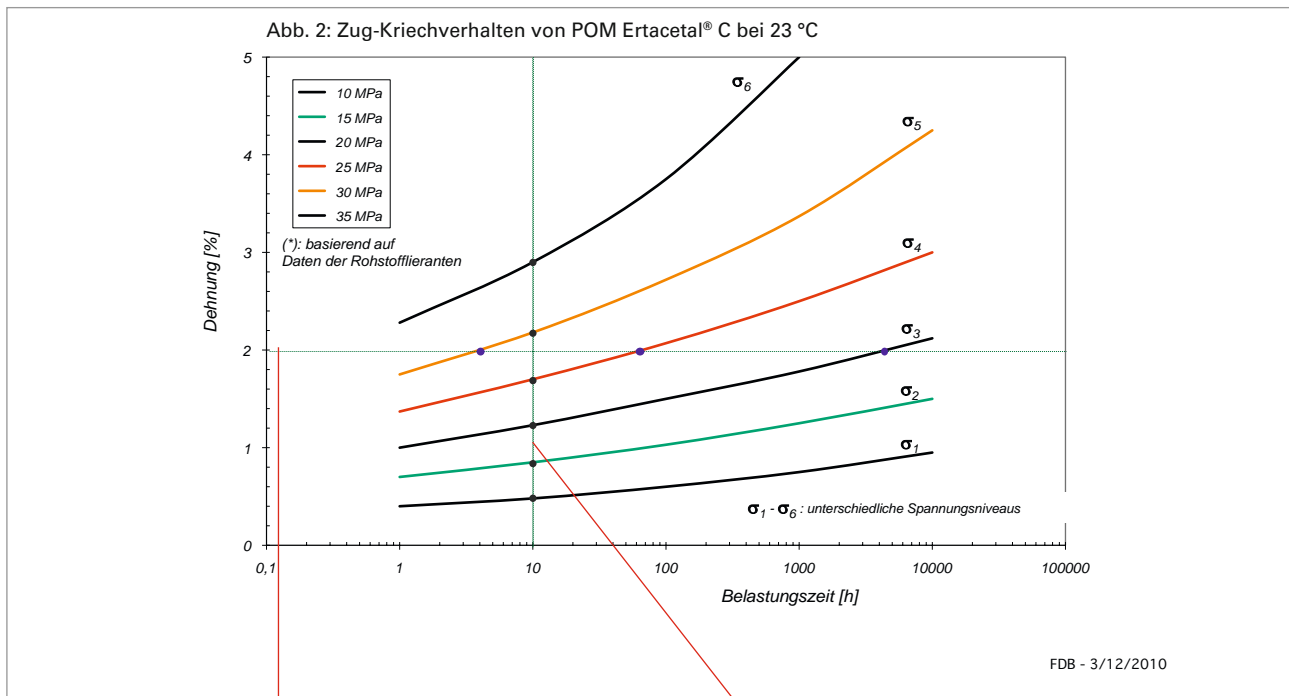
## Auswahlkriterien für Kunststoffanwendungen Klassifizierung von Kunststoffen

Die Konstante (E) wird als Elastizitätsmodul (oder „Youngsches Modul“) bezeichnet und ist eine Kenngröße für die Steifigkeit eines Materials. In der Kunststoffindustrie findet in diesem Kontext meist der in einem Kurzzeit-Zugversuch ermittelte Elastizitätsmodul Anwendung. Der Punkt, ab dem sich das Verhalten eines Werkstoffs nicht mehr nach dem Hookeschen Gesetz richtet, wird als Proportionalitätsgrenze bezeichnet.

Dehnungen von weniger als 1% bleiben innerhalb der Elastizitätsgrenzen der meisten technischen Kunststoffe, so dass diesbezüglichen Analysen in der Regel die Annahme zugrunde gelegt werden kann, dass das betreffende Material linear elastisch (gemäß dem Hookeschen Gesetz), homogen und isotrop ist.

Der Elastizitätsmodul der meisten Kunststoffe ist temperaturabhängig (sinkt bei steigender Temperatur). Zur Unterstützung der Berechnung von Verformungen unter kurzzeitigen Belastungen bei verschiedenen Temperaturen sind in dieser Broschüre einige Diagramme enthalten, aus denen die Steifigkeit unserer Werkstoffe bei verschiedenen Temperaturen ablesbar ist.

Wird ein Kunststoffteil einer konstanten statischen Belastung ausgesetzt, kommt es zu einer schnellen Verformung des Materials mit einer Dehnung, die sich anhand des kurzzeitigen Elastizitätsmoduls bestimmen lässt (Hookesches Gesetz). Danach verformt sich das Material mit einer geringeren Geschwindigkeit zeitlich unbegrenzt bzw. – bei einer entsprechend hohen Belastung – bis zum Bruch. Dieses Phänomen, das auch in Konstruktionsmetallen bei sehr hohen Temperaturen auftritt, wird als Kriechen bezeichnet.





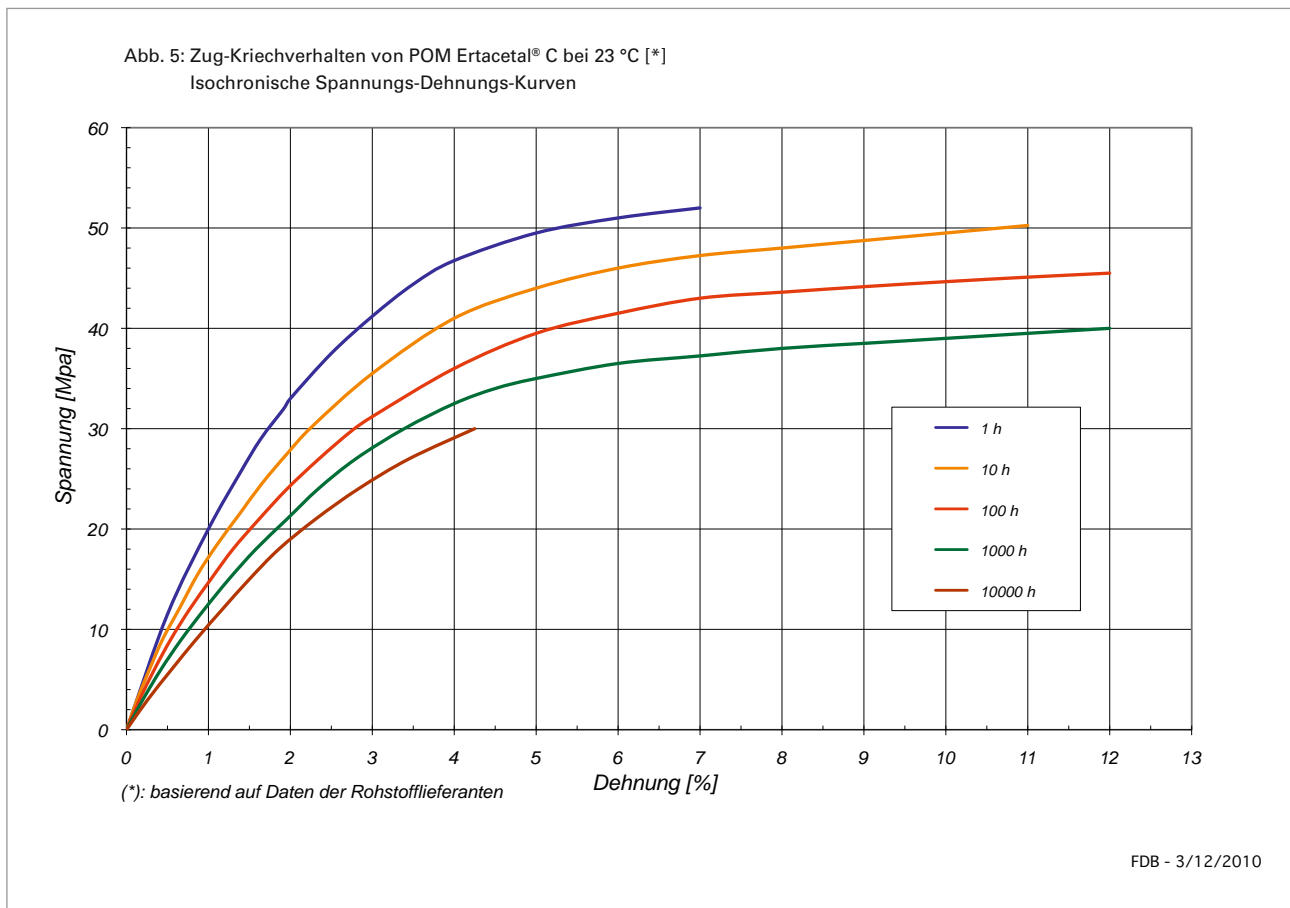
# Kunststoffe

## Auswahlkriterien für Kunststoffanwendungen Klassifizierung von Kunststoffen

Eine Verformung unter statischer Last ist eine komplexe Funktion, die von der Höhe der Spannung bzw. Belastung, der Zeit und der Temperatur abhängig ist und somit nur im Ergebnis zahlreicher Kriechprüfungen durch eine Reihe von Diagrammen dargestellt werden kann. Im nachstehenden Diagramm Abb. 5 sind z. B. derartige Kriechkurven (Dehnverläufe) für Ertacetal® C abgebildet.

Kriechdaten können auf verschiedene Weise dargestellt werden. Von einer Grundmenge bzw. -reihe von Kriechkurven bei einer bestimmten Temperatur (Abb. 2) lassen sich isometrische Spannungs-Zeit-Kurven (Abb. 3) sowie isochrone Spannungs-Dehnungs-Kurven (Abb. 4 und 5) ableiten, die jeweils bei der Lösung bestimmter Pro-

bleme von Nutzen sein können. Im ersten Diagramm wird die Abnahme der Spannung (Spannungsrelaxation) über einen längeren Zeitraum in einem Material dargestellt, das mit konstanter Dehnung verformt wird, z. B. eine Kunststoffbuchse oder -hülse, die in ein Stahlgehäuse eingepresst wird. Mittels isochroner Spannungs-Dehnungs-Diagramme lässt sich die maximal zulässige Spannung eines Werkstoffs berechnen. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn die Funktionsfähigkeit eines Kunststoffteils davon abhängig ist, dass dieses Teil nach einem gewissen Zeitraum unter Last nicht über einen bestimmten Grenzwert hinaus gedehnt wird.



Isochronische Spannungs-Dehnungs-Kurven von POM Ertacetal® C bei 23 °C bei einer Belastung von 1 bis 10000 Std.

# Kunststoffe

## Auswahlkriterien für Kunststoffanwendungen Klassifizierung von Kunststoffen

### Schritt 2

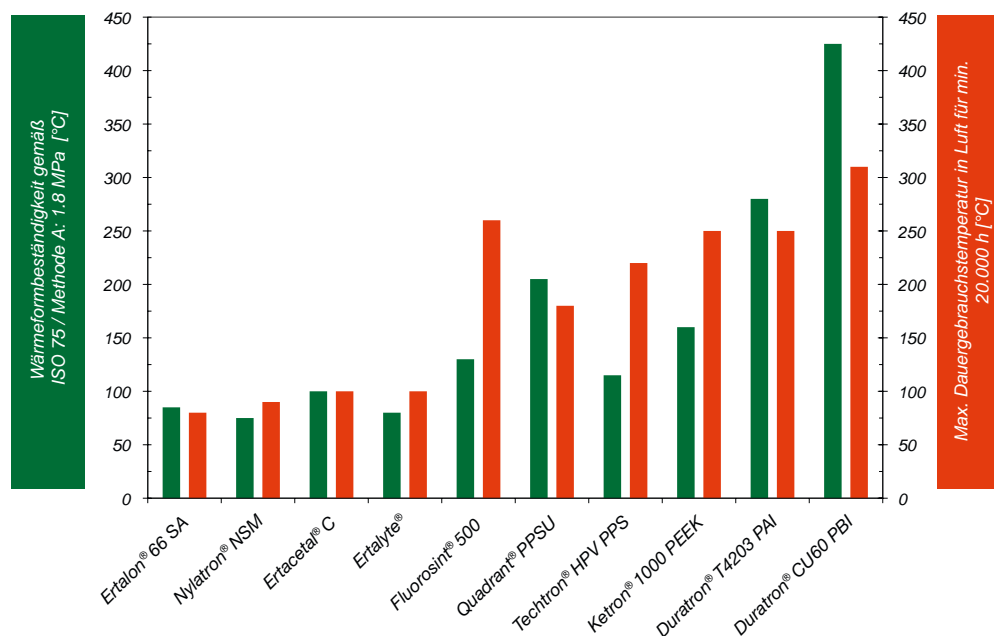
**Betrachten Sie die thermischen Anforderungen Ihrer Anwendung unter normalen und extremen Betriebsbedingungen.**

Die Hitzebeständigkeit eines thermoplastischen Kunststoffs lässt sich durch seine „Wärmeformbeständigkeitstemperatur“ und seine „zulässige maximale Dauergebrauchstemperatur“ grob charakterisieren. Die Wärmeformbeständigkeitstemperatur, die früher auch als Wärmedurchbiegungstemperatur bzw. Formbeständigkeit in der Wärme (HDT, Heat Deflection Temperature) bezeichnet wurde, bezieht sich auf ein bestimmtes Maß an Materialsteifigkeit bei erhöhter Temperatur und wird häufig als maximaler Temperaturgrenzwert für mäßig bis hoch beanspruchte, nicht eingespannte Komponenten angesehen. Mit der zulässigen maximalen Dauergebrauchstemperatur wird im Allgemeinen ein Temperaturgrenzwert angegeben, oberhalb dessen nach langer Einwirkung der betreffenden Temperatur eine signifikante dauerhafte Verschlechterung der physikalischen Eigenschaften eines Werkstoffs auftritt. Je nach Umgebung (z. B. Luft, Öl) bzw. in Abhängigkeit von der untersuchten Eigenschaft, dem Degradationskriterium und der jeweils betrachteten Einwirkungszeit können sich für einen bestimmten Werkstoff verschiedene max. zulässige Gebrauchstemperaturen ergeben.

Beispielsweise können folgende Gebrauchstemperaturen definiert werden: die Temperatur, bei der eine Abnahme der Zugfestigkeit um 50 % (Messung bei 23 °C) gegenüber dem ursprünglichen Wert nach 20000 Stunden Einwirkung von Heißluft registriert wird, oder die Temperatur, bei der die Schlagzähigkeit um 50 % (Messung bei 23 °C) gegenüber dem ursprünglichen Wert nach 10000 Stunden in einem heißen Ölbad abnimmt.

Der Schmelzpunkt teilkristalliner Kunststoffe und die Glasübergangstemperatur amorpher Kunststoffe sind kurzfristige Extremtemperaturen, bei denen die Formstabilität des Materials noch gewahrt bleibt. Dennoch ist ein Einsatz der meisten technischen Kunststoffe bei oder über diesen Temperaturen nicht ratsam. Beachten Sie hingegen, dass die zulässige maximale Gebrauchstemperatur in vielen Fällen wesentlich von der Dauer und Größe der mechanischen Beanspruchung eines Werkstoffs abhängt, d. h. von der maximalen Verformung, die in einer bestimmten Anwendung zulässig ist (Abb. 6).

Abb. 6: Beispiele für Temperaturverhalten



FDB - 2/12/2010

# Kunststoffe

## Auswahlkriterien für Kunststoffanwendungen Klassifizierung von Kunststoffen

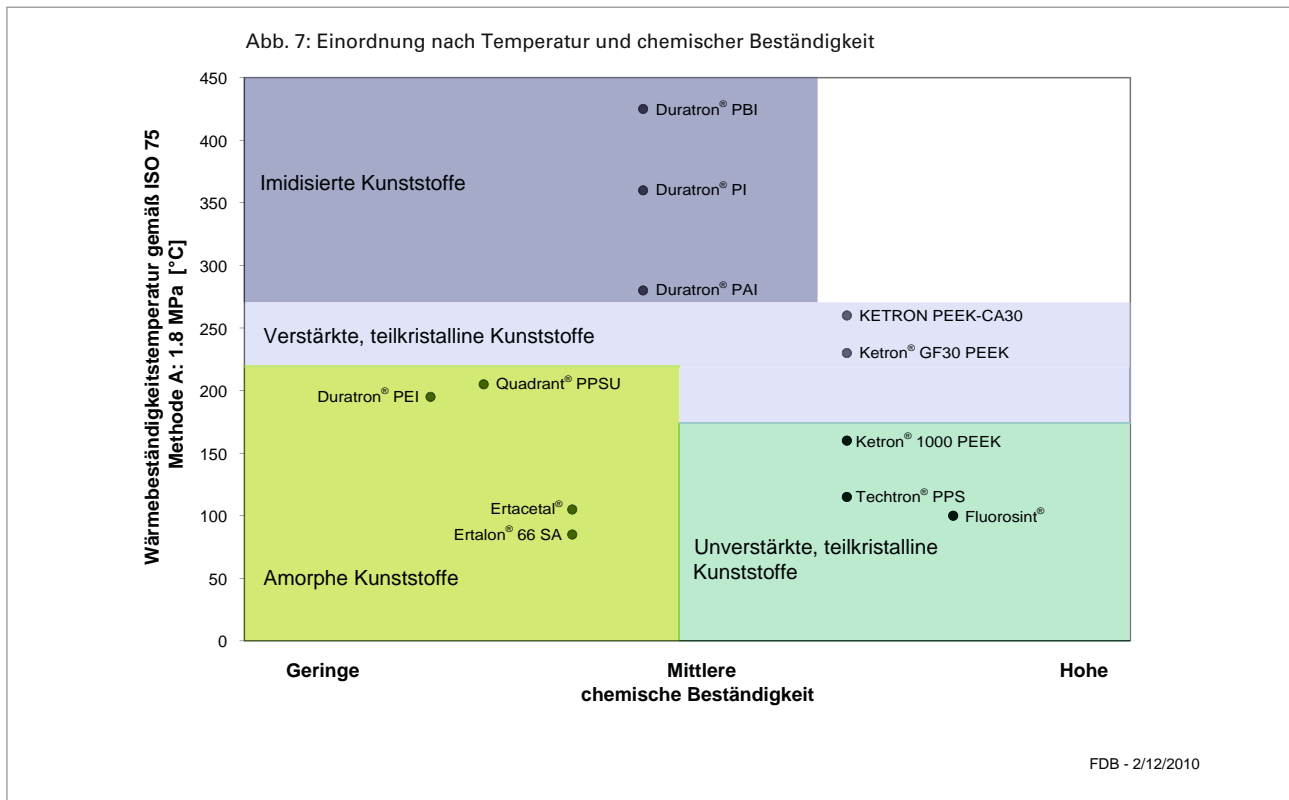
### Schritt 3

**Berücksichtigen Sie die chemische Beanspruchung bei Gebrauch und Reinigung des Werkstoffs.**

In vielen Broschüren stellt Quadrant® Informationen zur chemischen Kompatibilität als Orientierungshilfe bereit, obwohl sich derartige Angaben als schwierig erweisen können, da bei der Entscheidung über die Eignung eines Werkstoffs für einen bestimmten Verwendungszweck die Konzentration und Temperatur einer Chemikalie, die Einwirkungszeit sowie die Höhe der Spannung im Kunststoffteil wichtige Einflussfaktoren sind. Ertalon®/Nylatron®,

Ertacetal® und Ertalyte® sind in der Regel für den Einsatz in zahlreichen industriellen Umgebungen geeignet. Teilkristalline Hochleistungswerkstoffe, z. B. Fluorosint®, Techtron® PPS und Ketron® PEEK, sind eher für Umgebungen geeignet, in denen aggressive Chemikalien zum Einsatz kommen (siehe Abb. 7).

Es wird dringend empfohlen, stets einen Prototyp unter den beabsichtigten Einsatz- bzw. Endnutzungsbedingungen einem vorläufigen Test zu unterziehen, um die Eignung eines ausgewählten Kunststoffs für das jeweilige Anwendungsgebiet zweifelsfrei festzustellen.



Ertalon®/Nylatron® = PA

Ertacetal® = POM

Ertalyte® = PETP®

# Kunststoffe

## Auswahlkriterien für Kunststoffanwendungen Klassifizierung von Kunststoffen

### Schritt 4

Bevor Sie mit den Schritten 5 bis 7 fortfahren, sollten Sie unter Umständen weitere Werkstoffeigenschaften prüfen: die relative Schlagzähigkeit und -festigkeit, Dimensionsstabilität und die Einhaltung behördlicher Richtlinien und Normen.

Werkstoffe mit einer höheren Bruchdehnung und Schlagzähigkeit (gekerbt und ungekerbt) weisen eine höhere Festigkeit und geringere Kerbempfindlichkeit auf und sind daher für Anwendungen mit Stoßbelastungen besonders geeignet. Technische Kunststoffe können z. B. bei Temperaturveränderungen ein 2- bis 20-mal stärkeres Ausdehnungs- und Kontraktionsverhalten als Stahl aufweisen. Der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient (CLTE), der eine temperaturabhängige Funktion ist (CLTE erhöht sich bei steigender Temperatur), dient zur annähernden Bestimmung der Ausdehnungsrate technischer Kunststoffe. In den Eigenschaftstabellen, die im hinteren Teil dieses Handbuchs enthalten sind, werden die spezifischen Werte des linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten jeweils als Durchschnittswerte für verschiedene Temperaturbereiche angegeben.

Die Wasseraufnahme hat ebenfalls Einfluss auf die Dimensionsstabilität eines Werkstoffs, da dieser durch das absorbierte Wasser aufquillt. Dieser Effekt ist bei Nylon 6 und 66 besonders ausgeprägt. Die Auswirkungen von Luftfeuchtigkeit und Temperaturschwankungen müssen in Bezug auf Passung, Montage und Bearbeitungstoleranzen bei der Konstruktion von Bauteilen beachtet werden.

Häufig wird die Einhaltung staatlicher oder anderer behördlicher Vorgaben hinsichtlich des Kontakts mit Lebensmitteln (z. B. EU-Richtlinie 2002/72/EG, Vorschriften der US-amerikanischen Nahrungs- und Arzneimittelbehörde (FDA) über Lebensmittelzusätze), des Kontakts mit Trinkwasser (z. B. NSF, WRAS, ACS), des Einsatzes in Anlagen für Milchprodukte bzw. Molkereieinrichtungen (z. B. 3-A Dairy), der Entflammbarkeit (z. B. UL 94) und anderer Normen vorgeschrieben. Wenden Sie sich direkt an uns, um die neuesten Informationen und Erläuterungen zu diesen Themenkomplexen zu erhalten.

### Schritt 5

Wählen Sie die kostengünstigste Form für Ihr Teil aus.

REIFF/Quadrant® bietet Designern eine umfangreiche Auswahl an Größen und Konfigurationsmöglichkeiten. Beziehen Sie alle verfügbaren Abmessungen in Ihre Auswahl ein. Auf diese Weise können Sie die Fertigungskosten durch Auswahl der wirtschaftlichsten, d. h. preisgünstigsten Abmessung deutlich senken.

#### Für:

Große Längen  
Kleinere Querschnitte  
Stab-, Platten- und Rohrform

Große Halbzeugformen  
(Querschnitte mit höherer Wanddicke)  
Stab-, Platten- und Rohrform  
Endabmessungsnahe Formen  
Gussteile nach Kundenspezifikation

Verschiedenste Formen aus modernen  
Hochleistungskunststoffen  
Stab-, Scheiben-, Platten- und Rohrform

Kleine Formen und dünnwandige Teile  
aus modernen Hochleistungskunststoffen  
Hohe Stückzahlen (> 10000 Teile)

#### Wählen Sie:

Extrusion

Guss

Formpressen

Spritzguss

#### Hinweis:

Nach der Auswahl eines Kunststoffs ist zu beachten, dass die physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe in Abhängigkeit vom Herstellungsverfahren für die betreffenden Halbzeuge unterschiedlich ausfallen können.

#### Beispiele:

Im Spritzgussverfahren gefertigte Teile unterscheiden sich von extrudierten Produkten durch eine höhere Anisotropie (d. h. die Eigenschaften sind richtungsabhängig) und können ebenfalls eine geringere Verschleißfestigkeit aufweisen (in Abhängigkeit vom Kristallinitätsgrad, der eine Funktion der thermischen Vorgeschichte ist).

Formgepresste Produkte sind isotrop (Materialeigenschaften sind in allen Richtungen jeweils gleich).

# Kunststoffe

## Auswahlkriterien für Kunststoffanwendungen Klassifizierung von Kunststoffen

### Schritt 6

**Bestimmen Sie die Zerspanbarkeit der bisher ausgewählten Werkstoffe.**

Die Zerspanbarkeit kann ebenfalls ein Kriterium für die Materialauswahl sein. Bei der Fertigung wird darauf geachtet, dass innere Spannungen beim Produktionsprozess minimiert werden. Dies gewährleistet in der Regel eine optimale Dimensionsstabilität während und nach dem Zerspanungsvorgang. Bei der spanenden Bearbeitung von Teilen, an die strenge Anforderungen hinsichtlich ihrer Dimensionsstabilität gestellt werden (Toleranzen, Verformung, Verzug), und/oder wenn durch einen spanenden Bearbeitungsvorgang asymmetrische Form- und/oder Querschnittsänderungen ausgelöst werden können, ist es ratsam, in einem Zwischenschritt nach der Vorbearbeitung und vor der Endbearbeitung ein Temper-Verfahren anzuwenden.

Im Allgemeinen weisen glas- und kohlefaserverstärkte Kunststofftypen einen deutlich stärkeren Abrieb bei der Bearbeitung mit Werkzeugen auf, sind bei Zerspanungsvorgängen kerbempfindlicher und zeichnen sich im Vergleich mit unverstärkten Kunststofftypen (ohne Füllstoff) durch eine höhere Anisotropie aus. Aufgrund ihrer extremen Härte kann sich die Fertigung von Teilen aus imidisierten Werkstoffen (Duratron® PAI, Duratron® PI und Duratron® PBI) als schwierig erweisen. Zur spanenden Bearbeitung dieser Werkstoffe sollten daher Werkzeuge aus Hartmetall und polykristallinem Diamant eingesetzt werden. Nachstehend ist eine grafische Darstellung abgebildet, in der die relative Zerspanbarkeit nach einer Skala unterteilt ist (1 bis 6; 1 = am leichtesten), um Ihnen die Bewertung der Zerspanbarkeit zu erleichtern.



1. TIVAR® | Acetron®/Ertacetal® | Semitron® ESd 225
2. Ertalon® und Nylatron® Typen | Symalit® 1000 PVDF, 1000 ECTFE + 1000 PFA | Fluorosint® 207, 500 + HPV | Semitron® ESd 500HR
3. Ertalyte® | Ertalyte® TX | Ketron® 1000 PEEK | Ketron® TX PEEK | Techtron® PPS | Duratron® T4203 + T4503 PAI  
Quadrant® 1000 PC | Quadrant® PPSU | Quadrant® 1000 PSU | Duratron® U1000 PEI
4. Ertalon® 66-GF30 | Techtron® HPV PPS | Ketron® HPV PEEK | Duratron® T4301 + T4501 PAI
5. Ketron® GF30 PEEK | Ketron® CA30 PEEK | Duratron® T5530 PAI | Semitron® ESd 410C + 520HR
6. Fluorosint® MT-01 | Duratron® CU60 PBI | Duratron® D7000 PI

### Schritt 7

**Stellen Sie sicher, dass Sie den spezifizierten Werkstoff erhalten.**

Die in diesem Kapitel aufgeführten Eigenschaften gelten nur für Werkstoffe von Quadrant®. Vergewissern Sie sich, dass Sie kein minderwertiges Produkt erwerben. Fordern Sie bei der Bestellung gültige Produktzertifizierungen an.

#### Technische Hinweise:

Alle Werkstoffe weisen inhärente Beschränkungen auf, die bei der Konstruktion von Teilen berücksichtigt werden müssen. Zur Verdeutlichung dieser materialtypischen Einschränkungen sind jedem beschriebenen Werkstoff technische Anmerkungen beigefügt, in dem auf derartige Merkmale hingewiesen wird.

# Kunststoffe

## Zulassungen für Lebensmittelkontakt

Quadrant® EPP Standardformteil	Basispolymer	DoC 1935/2004 nach (EU) 10/2011 Neue Food Grades [1]	DoC 1935/2004 nach 2002/72/EC Food Grade [2]	FDA-konform [3]
Ketron® 1000 PEEK natur	PEEK	+	+	+
Ketron® 1000 PEEK schwarz	PEEK	+	+	+
Ketron® TX PEEK blau	PEEK	+	+	+
Techtron® PPS natur	PPS	NT	NT	+
Techtron® HPV PPS tiefblau	PPS	+	+	+
Quadrant® PPSU schwarz	PPSU	+	NT	+
Quadrant® 1000 PSU natur	PSU	NT	NT	+
Duratron® U 1000 PEI natur	PEI	NT	NT	+
Symalit® 1000 PVDF natur	PVDF	+	+	+
Symalit® 1000 PFA natur	PFA	NT	NT	+
Fluorosint® 207 weiß	PTFE	IT	NT	+
Fluorosint® HPV hellbraun	PTFE	NT	NT	+
Ertalon® 6 SA natur	PA 6	+	+	+
Ertalon® 66 SA natur	PA 66	+	+	+
Ertalon® 6 PLA natur/blau	PA 6	+ / +	NT	+
Nylatron® LFG natur/blau	PA 6	NT / NT	NT	+
Nylatron® MD blau	PA 6	+	+	+
Ertacetal® C natur/blau/schwarz	POM-C	+ / + / +	+ / + / +	+
Ertacetal® C – andere Farben	POM-C	NT	NT	+
Acetron® MD blau	POM-C	+	NT	+
Ertalyte® natur/schwarz	PET	+ / +	+ / +	+
Ertalyte® TX hellgrau	PET	+	+	+
Quadrant® 1000 PC natur	PC	IT	NT	+
TIVAR® 1000 natur/blau 7020/grün 3010	PE-UHMW	+ / + / IT	+ / + / +	+ / + / -
TIVAR® 1000 antistatisch schwarz	PE-UHMW	+	+	-
TIVAR® TECH grau-schwarz	PE-UHMW	+	+	-
TIVAR® DS gelb, grau	PE-UHMW	+	+	+
TIVAR® H.O.T. weiß	PE-UHMW	+	+	+
TIVAR® CleanStat schwarz	PE-UHMW	+	+	+
TIVAR® 1000 ASTL schwarz	PE-UHMW	+	+	-
TIVAR® 1000 EC schwarz	PE-UHMW	+	+	-
TIVAR® MD grau/blau	PE-UHMW	+ / +	+ / NT	+
TIVAR® OilFilled grau	PE-UHMW	NT	NT	+
Quadrant® PE 500 natur/ natur/blau 7020/grün 3010	PE-HMW	+ / + / IT	+ / + / +	+ / + / -

+ Entspricht den Anforderungen der Verordnungen.

- Entspricht nicht den Anforderungen der Verordnungen.

NT (Not Tested) Wurde nicht entsprechend den Anforderungen der Verordnungen getestet.

IT (In Testing) Tests entsprechend den Anforderungen der Verordnungen werden gegenwärtig durchgeführt.

# Kunststoffe

## Zulassungen für Lebensmittelkontakt

[1] Neue Food Grades: Die neuen europäischen und als „Food Grade“ bezeichneten Produkte von Quadrant® entsprechen den Anforderungen der Verordnung [EC] Nr. 1935/2004 und der Verordnung (EU) 10/2011. Weiterhin werden unsere „Food Grade“-Produkte nach den Regeln der Gute Herstellungspraxis [GHP] entsprechend der Verordnung [EC] Nr. 2023/2006 hergestellt.

[2] Food Grade: Die europäischen und als „Food Grade“ bezeichneten Produkte von Quadrant® entsprechen den Anforderungen der Verordnung [EC] Nr. 1935/2004 und der Richtlinie 2002/72/EG.

Weiterhin werden unsere „Food Grade“-Produkte nach den Regeln der Gute Herstellungspraxis [GHP] entsprechend der Verordnung [EC] Nr. 2023/2006 hergestellt.

[3] Diese Spalte zeigt die Konformität der für die Herstellung der Quadrant®-EPP-Standardformteile verwendeten Rohstoffe hinsichtlich ihrer, in den Vereinigten Staaten von Amerika (FDA) festgelegten Zusammensetzung für Kunststoffe und Gegenstände, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen.

## Food Grade Kunststoff-Produkte bieten Zertifizierung auf höchstem Sicherheitsniveau

Neu entwickelte Hochleistungskunststoffe konnten in den letzten Jahren einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, dass sich Herstellungseffizienz und Produktqualität in der Lebensmittelindustrie deutlich verbessert haben. In modernen Produktionssystemen unterstützen Kunststoffprodukte beinahe alle wesentlichen Verfahrensschritte wie die Verarbeitung, Konservierung, Verpackung und Lagerung von Lebensmitteln. Verbraucher profitieren bereits von diesen verbesserten Prozessen und erwarten zu Recht höchste industrielle Sicherheitsstandards.

Da jedoch globale Rohstoff-Importe, Unterschiede in den Kontrollvorschriften und unvollständige Regelungen die Qualitätssicherung in diesem sensiblen Bereich negativ beeinflussten, wurde die bisher in Europa gültige Richtlinie 2002/72/EG im Mai 2011 in allen europäischen Mitgliedsstaaten ersetzt durch die neue Verordnung (EU) 10/2011.

Als Antwort auf die enorm hohen Qualitäts- und Sicherheitsstandards in der Lebensmittelindustrie wurde das Angebot an Produkten entsprechend erweitert, die nach der neuen Verordnung (EU) 10/2011 zertifiziert sind: Alle Produkte der Food Grade Familie werden nach der neuen Verordnung hergestellt und verarbeitet. Das unabhängige Prüfunternehmen Intertek hat bereits alle Food Grade Produkte gemäß Verordnung (EU) 10/2011 geprüft und zertifiziert.

Anwender profitieren somit von hoher Produktsicherheit und deutlich reduziertem eigenem Prüfaufwand. Jedes Food Grade Produkt wird bei der Auslieferung von einem „Certificate of Conformity“ (COC) begleitet – das vollständige Rückverfolgbarkeit garantiert – sowie von einer „Declaration of Compliance“ (DOC) gemäß der neuen Verordnung (EU) 10/2011.

Unseren Kunden steht bei uns die größte Auswahl an Food Grade Produkten zur Verfügung. Vielfältige Design-Möglichkeiten sowie Unterstützung bei der Migrations-Berechnung für die eingesetzten Maschinenkomponenten ermöglichen ein einzigartiges Preis-Leistungs-Verhältnis für die Food Grade Produkte.

# Kunststoffe

## Life Science Grades (LSG)

Quadrant® EPP bietet „Life Science Grades“ an. Diese Materialien wurden speziell für Anwendungen in der Medizin, der pharmazeutischen Industrie und der Biotechnologie entwickelt. Die QEPP Life Science Grades-Produktpalette umfasst Kunststoffe, die den FDA-, ISO 10993- und USP-Richtlinien für die Biokompatibilitätsprüfung von Materialien entsprechen, wodurch Prüfkosten und -zeit eingespart werden sowie die vollständige Rückverfolgbarkeit vom Rohmaterial bis zum Halbzeug gewährleistet ist.

### Vorteile der Life Science Produkte

#### Performance

Das moderne Kunststoffportfolio von Quadrant® ersetzt bestehende Materiallösungen aus Edelstahl, Titan und Glas oder Keramik aufgrund einer Kombination von Eigenschaften wie Gewichtsreduzierung, Beständigkeit gegenüber gängigen Sterilisationsver-

fahren, Röntgenstrahlen-Transparenz, Designflexibilität, antistatische Ausrüstung und Beständigkeit gegen energiereiche Strahlung.

#### Biokompatibilität

Das LSG-Portfolio umfasst Kunststoffe, die den FDA-, ISO 10993- und USP-Richtlinien für die Biokompatibilität von Werkstoffen entsprechen.

#### Vollständige Rückverfolgbarkeit

Quadrant® sichert OEMs die volle Rückverfolgbarkeit für das gesamte LSG-Portfolio zu.

#### Qualitätssicherung

Gemäß ihrem nach ISO 9001:2000 zertifizierten Qualitätsmanagement-System, überwacht und steuert Quadrant® EPP sorgfältig den gesamten Herstellungsprozess der Life Science Grades.

## Biokompatibilitätsstatus (USP und ISO 10993)

Die Quadrant® LSG-Halbzeugformen wurden von einer unabhängigen, international renommierten und zugelassenen Prüforganisation einem umfassenden Biokompatibilitätstestprogramm unterzogen, um die Konformität dieser Materialien mit den Anforderungen der USP-Richtlinie (United States Pharmacopeia) und der Norm ISO 10993-1 in Bezug auf Biokompatibilitätstests von Materialien zu überprüfen.

Quadrant® Engineering Plastic Products übernimmt keinerlei Gewährleistung dafür und gibt keine Zusicherung dahingehend ab, dass die Werkstoffe in Übereinstimmung mit den anwendbaren und erforderlichen Qualitätsstandards für Materialien hergestellt werden, die zum Einsatz in implantierbaren medizinischen Geräten sowie in Anwendungen vorgesehen sind, die von entscheidender Bedeutung für die Wiederherstellung oder Aufrechterhaltung

einer Körperfunktion sind, die für die Aufrechterhaltung des menschlichen Lebens unabdingbar ist.

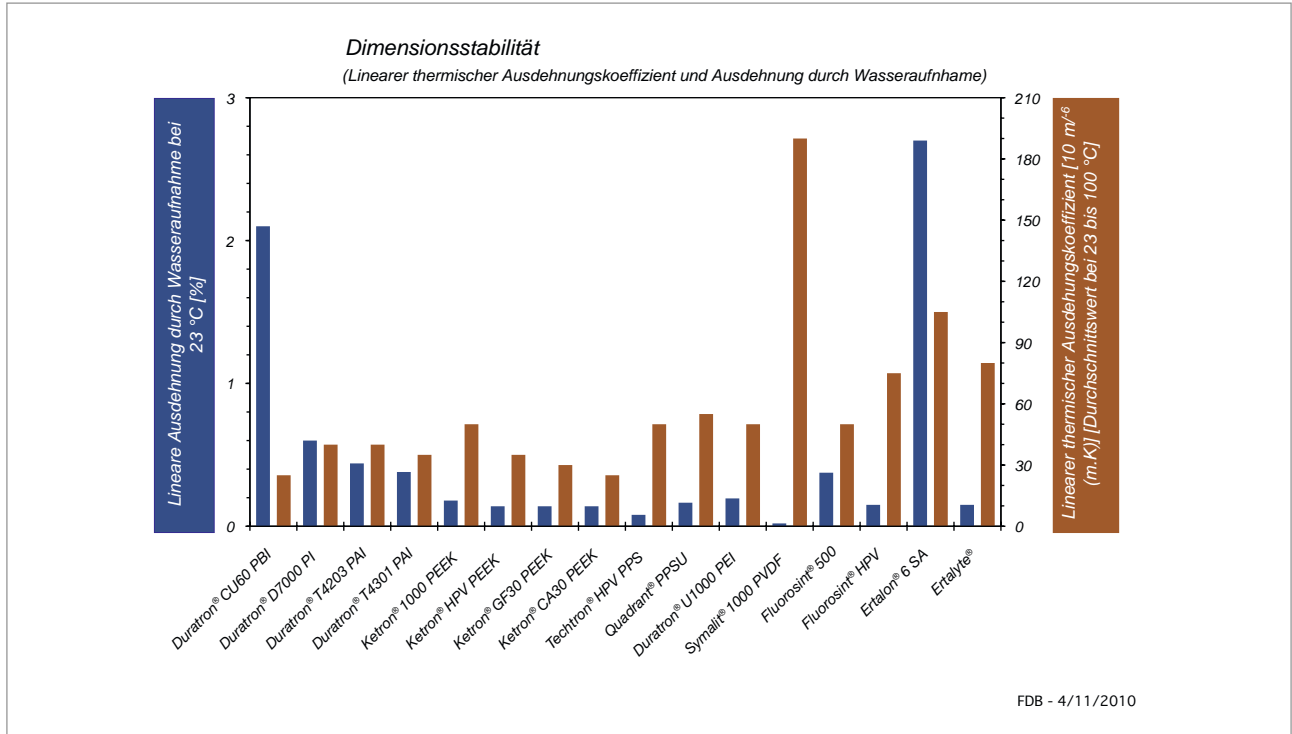
Life Science Grades von Quadrant® dürfen nicht in Verbindung mit medizinischen Geräten eingesetzt werden, die als Implantate für einen längeren Zeitraum als 24 Stunden (30 Tage\*) zum Verbleib im menschlichen Körper vorgesehen sind oder die dazu bestimmt sind, für einen längeren Zeitraum als 24 Stunden (30 Tage\*) mit dem inneren menschlichen Gewebe oder mit Körperflüssigkeiten in Kontakt zu bleiben. Diese Werkstoffe dürfen ebenfalls nicht für die Herstellung wichtiger Komponenten medizinischer Vorrichtungen verwendet werden, die für die Aufrechterhaltung menschlichen Lebens unabdingbar sind.

„30 Tage“ gelten nur für Ketron® CLASSIX™ LSG PEEK weiß.

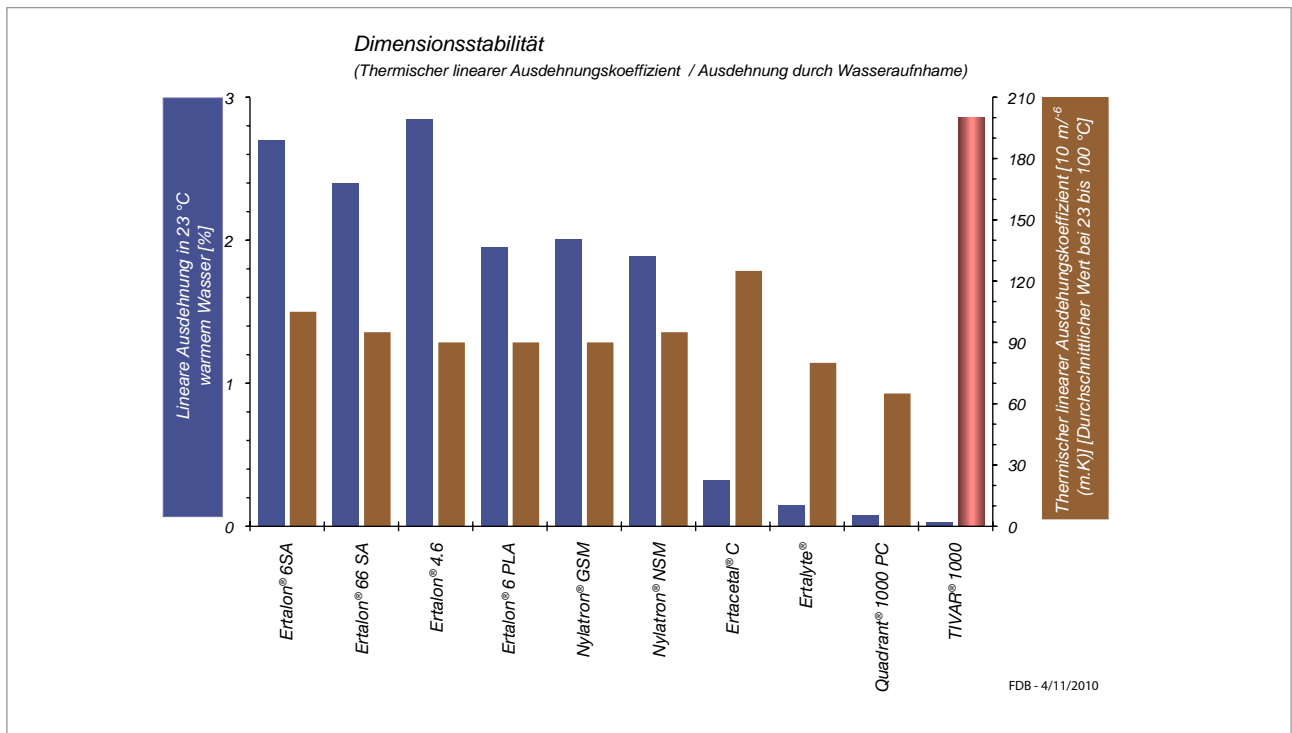


# Kunststoffe

## Dimensionsstabilität/Hochleistungskunststoffe (Linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient und Ausdehnung durch Wasseraufnahme)



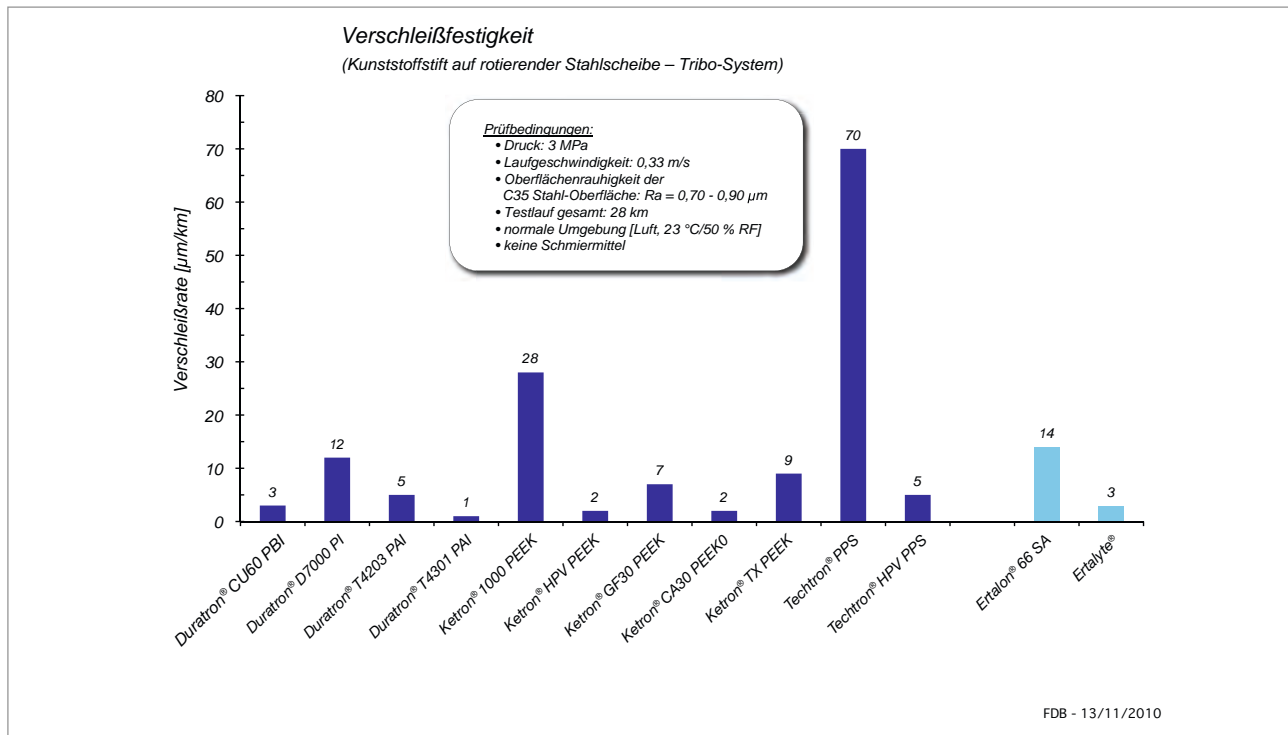
## Dimensionsstabilität/Technische Kunststoffe (Thermischer linearer Ausdehnungskoeffizient Ausdehnung durch Wasseraufnahme)



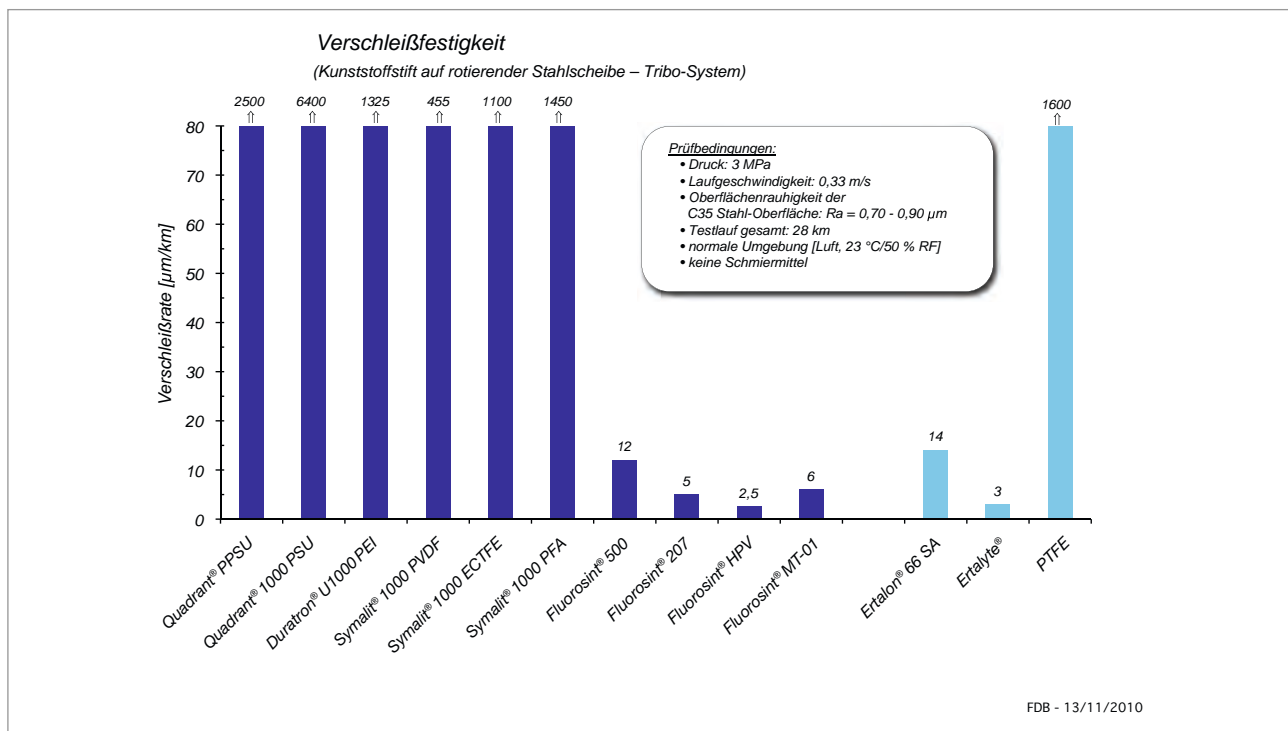
Fortsetzung ▶

# Kunststoffe

## Verschleißfestigkeit / Hochleistungskunststoffe (Kunststoffstift auf rotierender Stahlscheibe – Tribo-System)



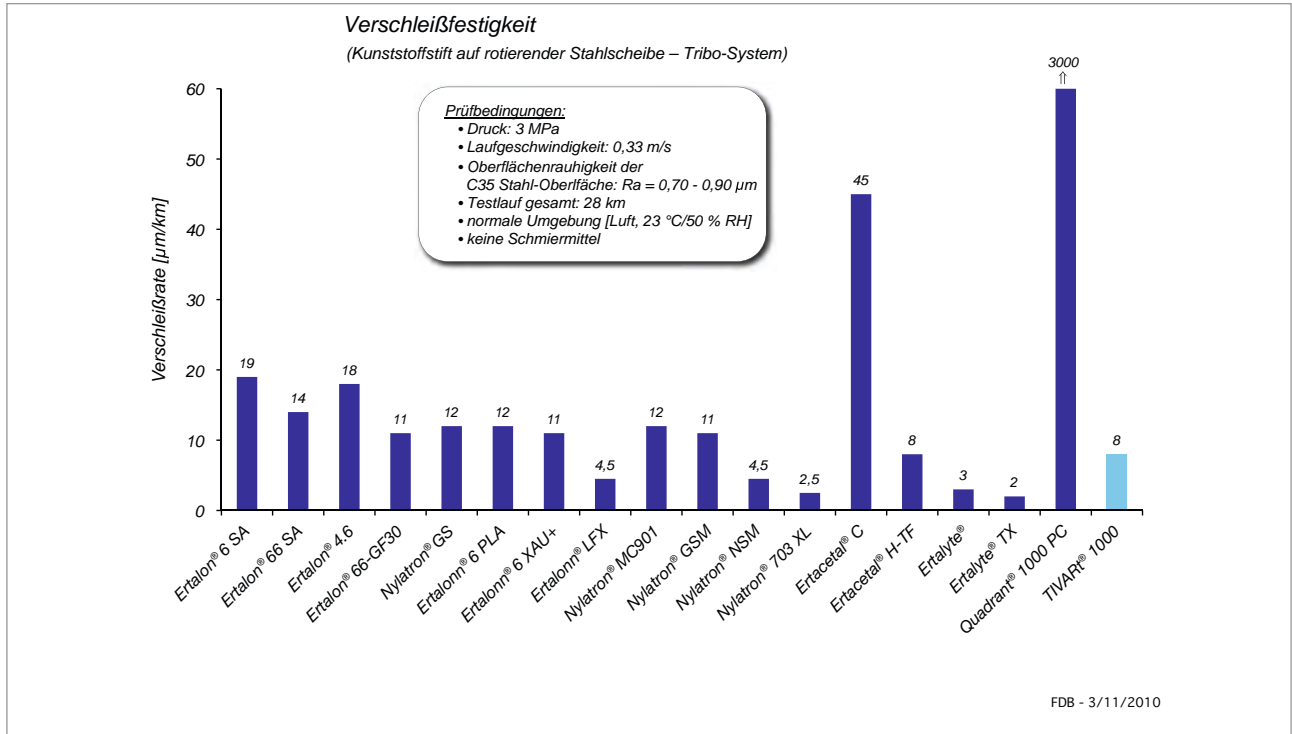
## Verschleißfestigkeit / Hochleistungskunststoffe (Kunststoffstift auf rotierender Stahlscheibe – Tribo-System)



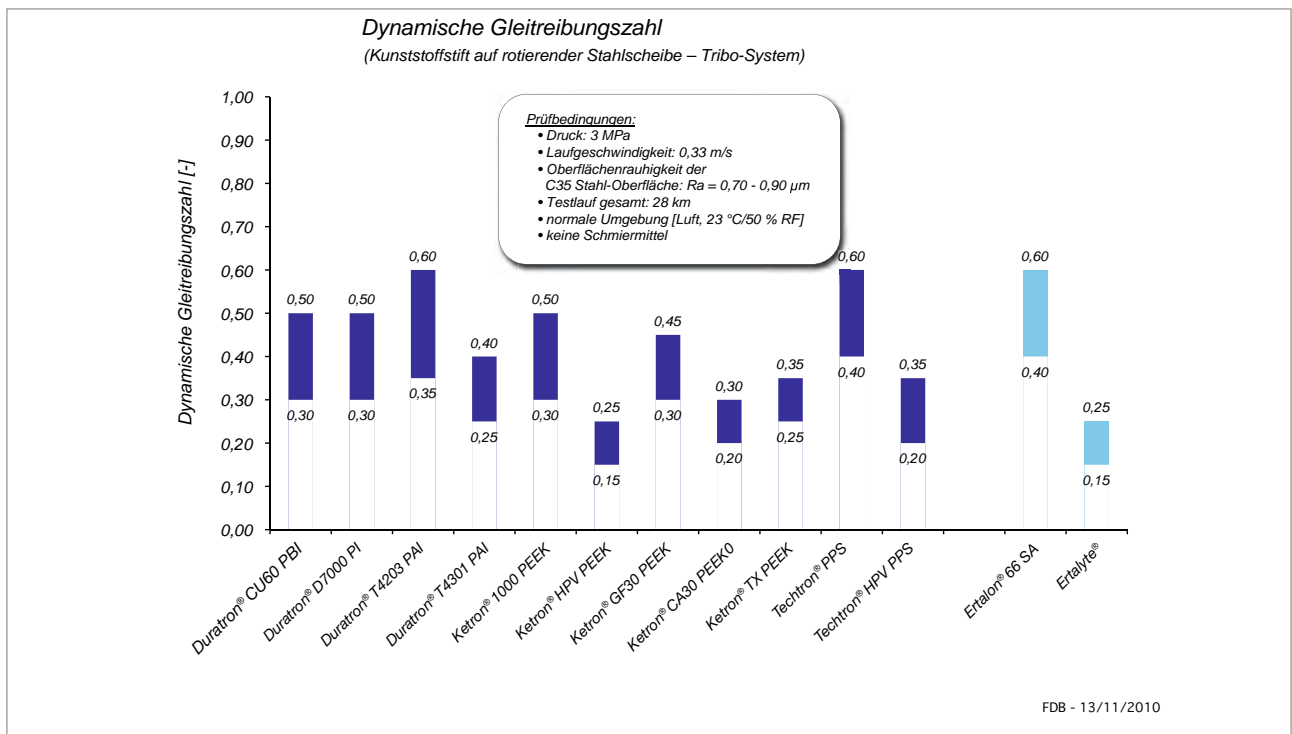
Fortsetzung ▶

# Kunststoffe

## Verschleißfestigkeit / Hochleistungskunststoffe (Kunststoffstift auf rotierender Stahlscheibe – Tribo-System)



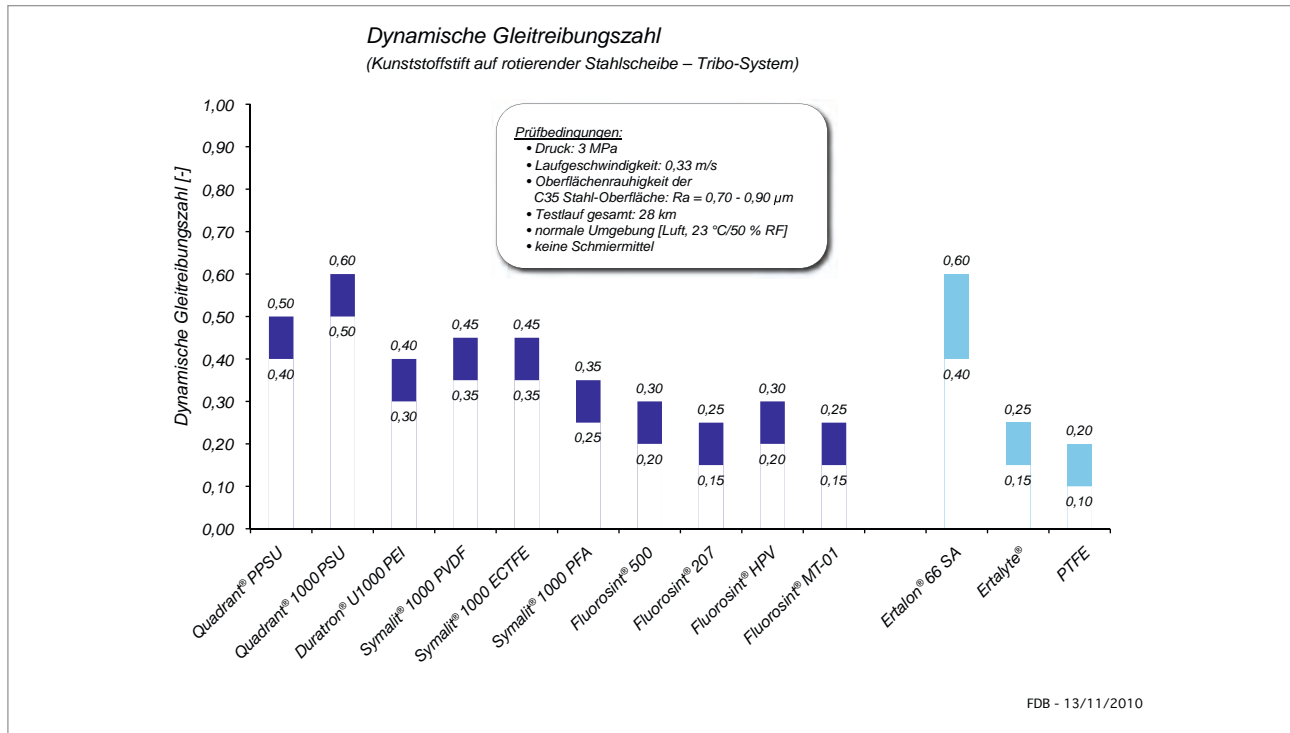
## Dynamische Gleitreibungszahl / Hochleistungskunststoffe (Kunststoff-Stift auf rotierender Stahlscheibe – Tribo-System)



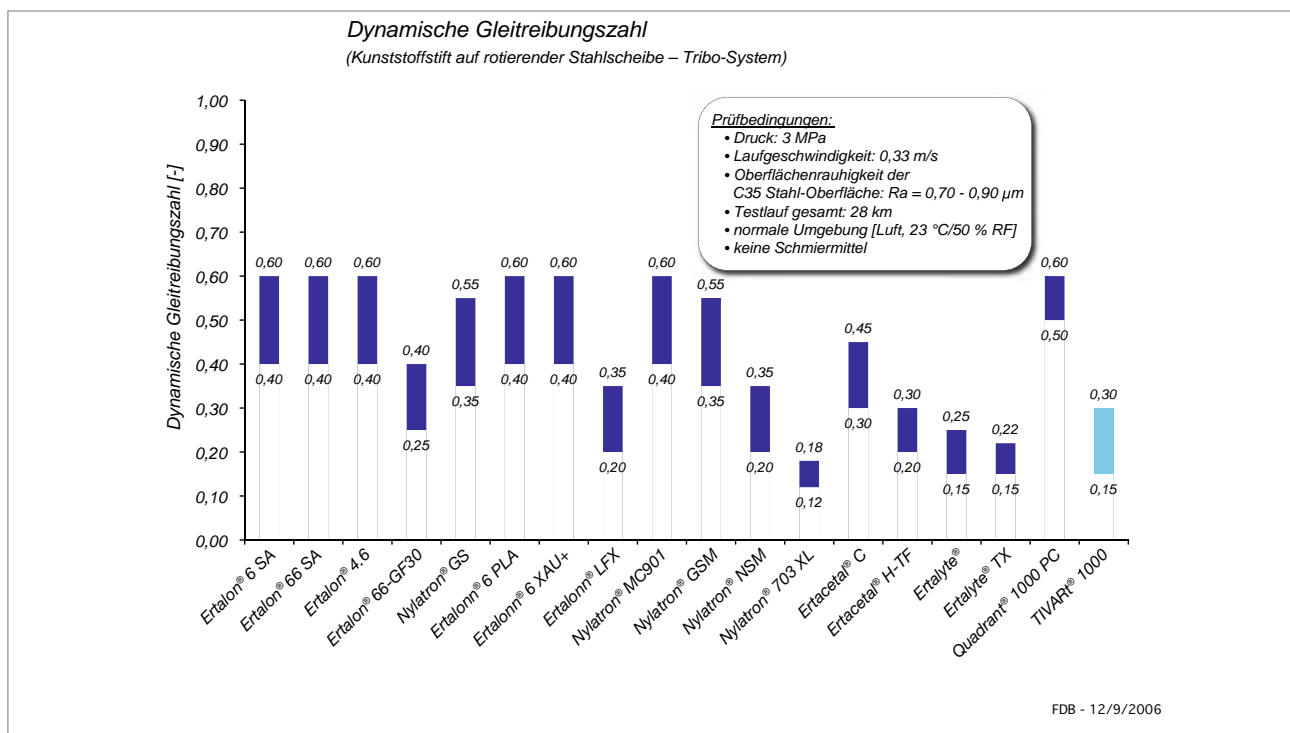
Fortsetzung ▶

# Kunststoffe

## Dynamische Gleitreibungszahl / Hochleistungskunststoffe (Kunststoffstift auf rotierender Stahlscheibe – Tribo-System)



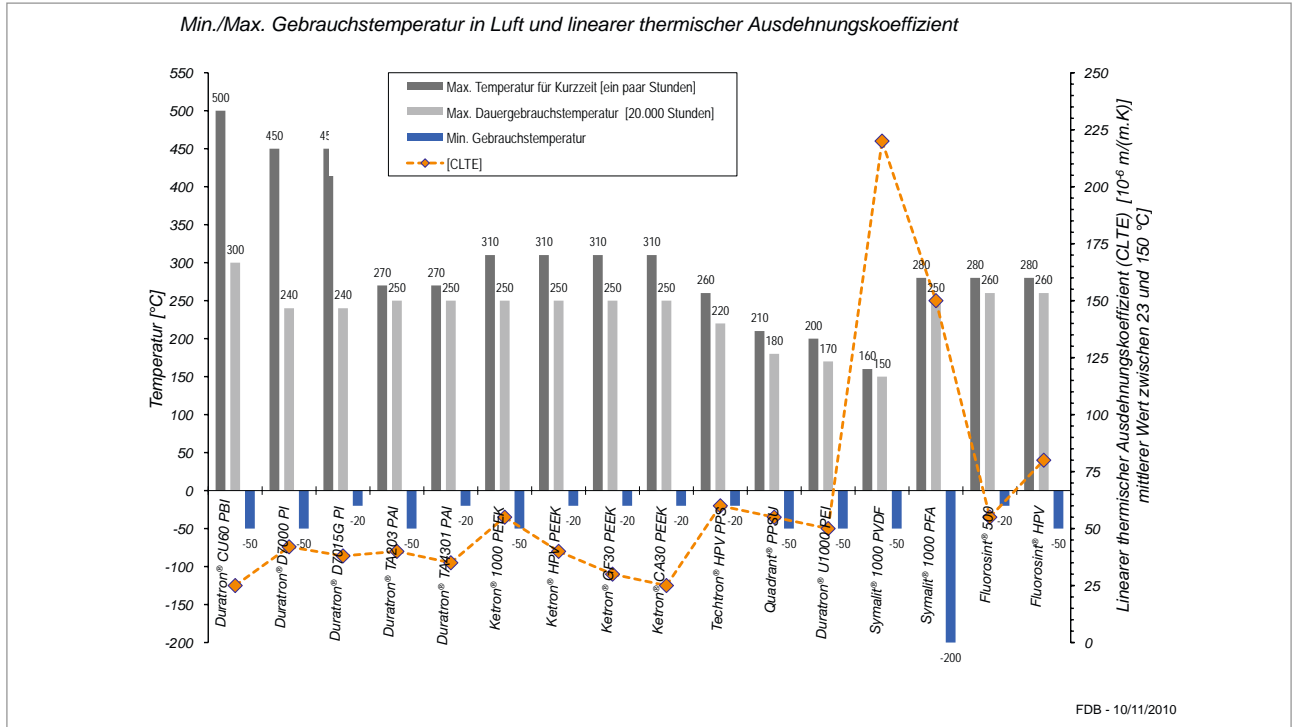
## Dynamische Gleitreibungszahl / Technische Kunststoffe (Kunststoffstift auf rotierender Stahlscheibe – Tribo-System)



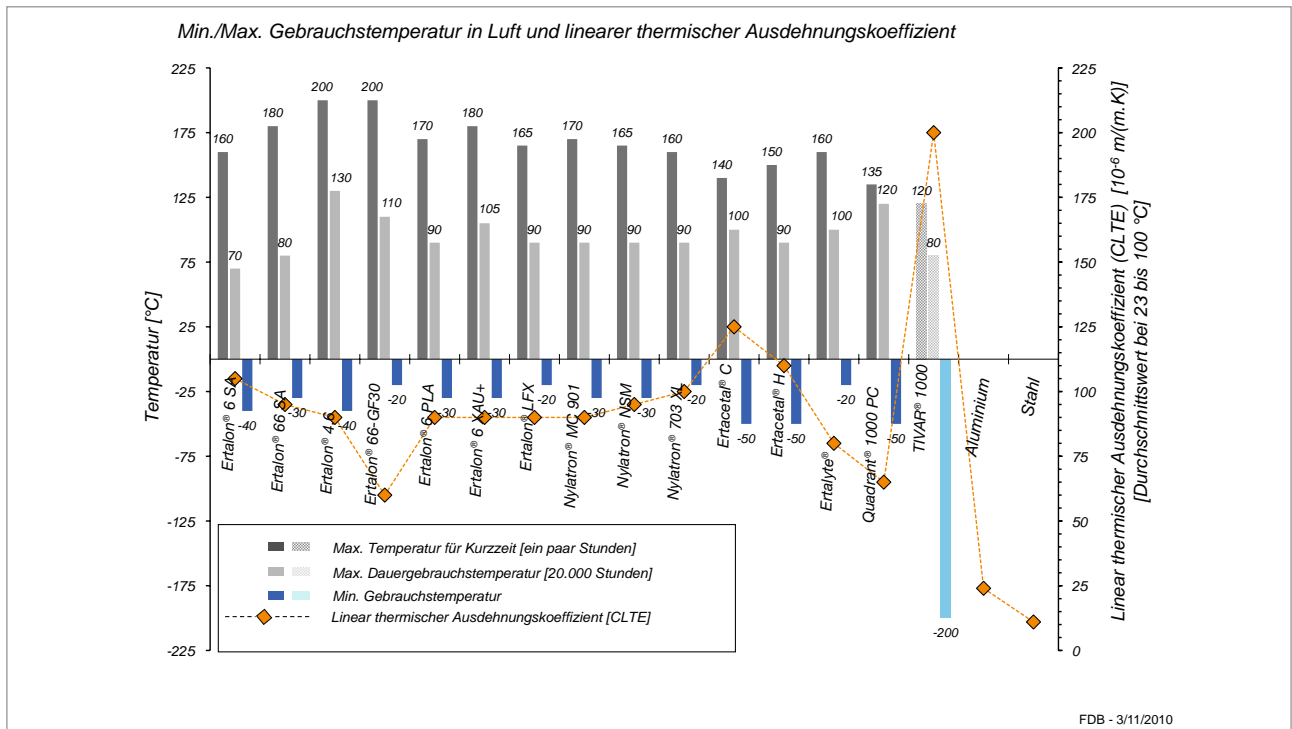
Fortsetzung ▶

# Kunststoffe

## Min./Max. Gebrauchstemperatur in Luft und linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient von Hochleistungskunststoffen



## Min./Max. Gebrauchstemperatur in Luft und linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient von technischen Kunststoffen



# Zulässige Toleranzen für Kunststoffhalbzeuge

## Zulässige Toleranzen für Kunststoffhalbzeuge



DIN-Bezeichnung	Rundstäbe	Platten, gepresst Flachstäbe	Tafeln, extrudiert Folien, kalandriert	Rohre, gegossen oder extrudiert
PA	DIN EN 15860	DIN EN ISO 11833	DIN EN ISO 11833	DIN 16982
PE-HD	DIN EN 15860	DIN16972	DIN EN ISO 14632	-
POM	DIN EN 15860	DIN EN ISO 11833	DIN EN ISO 11833	DIN 16978
PVDF / PPE / PEEK / PET usw.	DIN EN 15860	DIN EN ISO 11833	DIN EN ISO 11833	DIN EN 15860
PP	DIN EN 15860	DIN EN ISO 11833	DIN EN ISO 15013	-
PVC	DIN EN 15860	DIN EN ISO 11833	DIN EN ISO 11833	-

Wir liefern bei nicht tolerierten Maßangaben nach folgenden Normen:

Artikel	DIN Normen
Dreh- und Frästeile	DIN ISO 2768 mittel < 400 mm >
Folien/Platten	DIN ISO 2768 grob DIN EN ISO 14632 DIN EN ISO 11833 DIN EN ISO 15013 DIN 16972 DIN EN 15860
Formteile	-
PTFE-Halbzeuge	
Folien: bis 3 mm	nach GKV-Richtlinie
Platten: 4 + 5 mm	+/- 10 %
Platten: ab 6 mm	nach GKV-Richtlinie
Rohre/Rundstäbe und Schläuche	nach GKV-Richtlinie
Rohre	DIN EN 15860
Rundstäbe	DIN EN 15860
Zuschnitte	DIN ISO 2768 grob
Stanzteile	DIN ISO 2768 grob
Wasserstrahlgeschnittene Teile	DIN ISO 2768 grob

Die Toleranzen gelten nur für Messungen bei Raumtemperatur.

Bei sämtlichen Angaben handelt es sich um Richtlinien.

Toleranzen für weitere Kunststoff-Halbzeuge mit eigenen DIN-Normen bitte entsprechend beachten.

Engere Toleranzen bitte anfragen.

DIN-Normen sind zu beziehen über:

Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, Tel.: 030/2601-0, Fax: 030/2601-1260

# HPVC (Hart-Polyvinylchlorid) HPVC Schaumplatten

## Eigenschaftsprofil HPVC

**Dichte:** 1,41 g/cm<sup>3</sup>

**Einsatztemperatur**

+/-0° bis +60 °C

Sondertypen -20° bis +80 °C

HPVC ist normal schlagzäh, gegen Witterungseinflüsse stabilisiert und hat eine hohe chemische Widerstandsfähigkeit gegenüber Säuren und Laugen.

- einfache Verarbeitung möglich
- hervorragende elektrische Isoliereigenschaften
- große Härte und Formstabilität sowie Steifigkeit
- geringe Feuchtigkeitsaufnahme
- brennbar aber selbstverlöschend (schwerentflammbar nach DIN 4102 B 1 – bei Platten für Standardqualität bis 4 mm gegeben)
- wegen guter chemischer Beständigkeit geringe Neigung zu Spannungsrissbildung

**Qualitäten**

Extrudierte und gepresste Ausführung, Sonderausführung in erhöhter schlagzäher Qualität – auch bei Minustemperaturen bis -20 °C.

**Einsatz**

Maschinenbau, chem. Apparate und Laborbau, Elektroindustrie, Werbesektor und Bauindustrie.

Halbzeug für wenig beanspruchte Dreh- und Frästeile

**Verarbeitung**

Warmumformen, Kleben, Schweißen, Spanen, Bedrucken

## Eigenschaftsprofil HPVC-Schaumplatten

**Werkstoff Dichte:** 0,70 g/cm<sup>3</sup>

**Einsatztemperatur**

+/-0° bis +60 °C

HPVC-Schaumplatten ist ein Verbundwerkstoff aus speziell für den Außeneinsatz stabilisierten massiven Deckschichten und geschäumten PVC U (HPVC) als Kernmaterial. Die mittlere Dichte beträgt nur ca. 0,70 g/cm<sup>3</sup> bei gleichzeitig hoher Steifigkeit. Die Deckschichten aus massivem, weichmacherfreiem PVC schaffen eine hervorragende Oberflächengüte, die den Werkstoff für den Einsatz in Werbung, Display, Messebau u. ä. prädestiniert. Schall und Wärmedämmung sind selbstverständlich.

- Platten verfügen über eine erschwerte Entflammbarkeit
- geringe Wärmeleitfähigkeit
- schwingungs- und vibrationsdämpfend
- leichte Verarbeitung

**Qualitäten**

Platten mit antistatischer Oberfläche lieferbar

Farbe weiß = Standardfarbe/weitere Farben auf Anfrage

**Einsatz**

Elektrotechnik = Schaltschränke

Werbesektor = Schilder/Displays/Bandenwerbung etc.

**Verarbeitung**

Spanende Verarbeitung sehr gut

Verklebungen: gut, Kontaktklebstoffe oder Lösungsmittelkleber, 2 Komponenten-Kleber

Oberflächenveredlung wie Bedrucken, Lackieren, Beschichten, Beflocken möglich

**Unterscheidungsmerkmale**

Bezeichnung DIN ISO 1043	HPVC	HPVC
		erhöht schlagzäh
<b>Werkstoffbezeichnung</b>	<b>PVC-CAW</b>	<b>PVC-MZ</b>
Schlagzähigkeit	normal schlagzäh	erhöht schlagzäh
Kerbschlagzähigkeit	4 kJ/m <sup>2</sup>	10 kJ/m <sup>2</sup>
Untere Einsatztemperaturgrenze	+/-0 °C	-20 °C
Stabilisierung für Außenbewitterung	hoch, für viele Anwendungen ausreichend	sehr gut
Farbchtheit im Außeneinsatz (Farbtöne weiß und hellgrau)	geringe Farbtonabweichungen im Lauf der Zeit zu erwarten	sehr gute Farbtonchtheit
Tiefzieheigenschaften	ausreichend gut verstretchbar	gut verstretchfähig
Schwerentflammbarkeit nach DIN 4102 B1	ja (für Wanddicken bis 4 mm – PA-III 2.732)	nein, aber selbstverlöschend
Chemische Widerstandsfähigkeit	DIN 8061 Beiblatt 1	DIN 8061 Beiblatt 1

# HPVC WPVC

## Werkstoffkennwerte HPVC – Typen

Bezeichnung DIN ISO 1043			HPVC	HPVC erhöht schlagzäh
Werkstoffbezeichnung	Norm	Einheit	PVC-CAW	PVC-MZ
Dichte	DIN 54379	g/cm <sup>3</sup>	1,42	1,42
Biege-E-Modul	DIN 53457	N/mm <sup>2</sup>	3000	2800
Streckspannung	DIN 53455	N/mm <sup>2</sup>	58	52
Reißdehnung	DIN 53455	%	15	20
Schlagzähigkeit	DIN 53453	kJ/m <sup>2</sup>	o.B.	o.B.
Kerbschlagzähigkeit	DIN 53453	kJ/m <sup>2</sup>	4	10
Kugeldruckhärte H 358/30	DIN 53456	N/mm <sup>2</sup>	130	110
Shorehärte D	DIN 53505	–	82	77
Vicat-Erweichungstemperatur B/50	DIN 53460	K (°C)	351 (78)	348 (75)
Mittl. therm. Längenausdehnungskoeffizient	DIN 53752	K <sup>-1</sup>	0,8 · 10 <sup>-4</sup>	1,0 · 10 <sup>-4</sup>
Wärmeleitfähigkeit*	DIN 52612	W/mK	0,159	0,159
Durchschlagfestigkeit** Verfahren K20/P50	DIN 53481	kV/mm	39	34
Spez. Durchgangswiderstand Ringelektrode	DIN 53482	Ohm · cm	> 10 <sup>15</sup>	> 10 <sup>15</sup>
Oberflächenwiderstand Elektrode A	DIN 53482	Ohm	10 <sup>15</sup>	10 <sup>14</sup>
Kriechstromfestigkeit Verfahren KC	DIN 53480	V	> 600	> 600
Dielektrizitätskonstante				
bei 300 – 1000 Hz	DIN 53483	–	3,2	3,3
bei 3 · 10 <sup>5</sup> Hz	DIN 53483	–	3,0	3,1
Dielektrischer Verlustfaktor				
bei 300 Hz	DIN 53483	–	0,03	0,03
bei 1000 Hz	DIN 53483	–	0,02	0,02
bei 3 · 10 <sup>5</sup> Hz	DIN 53483	–	0,02	0,03

\* gemessen an Probekörpern in 10 mm Dicke

\*\* gemessen an Probekörpern in 1 mm Dicke

Die aufgeführten Daten sind Richtwerte und können in Abhängigkeit von Verarbeitungsverfahren und Probekörperherstellung variieren. Soweit nichts anderes angegeben ist, handelt es sich um Durchschnittswerte von Messungen an extrudierten Platten in 4 mm Dicke. Die Angaben lassen sich nicht ohne weiteres auf

Fertigteile übertragen. Die Eignung unserer Materialien für einen konkreten Verwendungszweck ist vom Verarbeiter bzw. Anwender zu überprüfen.

Formmassenbezeichnung (DIN 7748, Stand 9/85)

PVC-CAW: FM DIN 7748-PVC-U, ED, 078-04-33

PVC-MZ: FM DIN 7748-PVC-U, EDLP, 076-08-28

## WPVC (Weich-Polyvinylchlorid) Eigenschaftsprofil WPVC

**Werkstoff Dichte:** 1,22 g/cm<sup>3</sup>

**Einsatztemperatur:** –35 °C normal kältefest, bis +60 °C

W-PVC-Platten, transparent, speziell für den Einsatz für Ersatz-Pendeltürblätter, Roll- oder Falttore oder Streifenvorhänge. Plattenstreifen für Lamellenvorhänge mit rund extrudierten Kanten.

- für Schall- und Wärmedämmung
- Brandverhalten n. DIN 53 382 d. h. brennt oder glimmt nicht weiter
- hohe Kältebruchfestigkeit
- Lichtdurchlässigkeit > 80 %
- alterungs- und UV-stabilisiert
- hohe Verschleißfestigkeit

Schweißer- und Lichtschutzmaterial zeichnet sich zusätzlich aus durch:

- zuverlässige Absorption schädlicher Strahlen
- Schutz gegen Funkenflug
- nicht entflammbar
- DIN geprüfter Schutz (GS) UV 4 oder 7

### Bemerkung

Sonderqualitäten – speziell für den Kühlhausbereich, mit sehr guter Flexibilität auch bei Minustemperaturen:

–45 °C extrem kältefest, bis +60 °C (auf Anfrage)

### Qualitäten

W-PVC-Platten natur, transparent, Gewebeerstärkte Platten, sowie Schweißer- und Lichtschutzstreifen inkl. Befestigungsmaterial und Montage auf Anfrage lieferbar

### Einsatz

Transparente Qualität z. B. für flexible Türblätter jeglicher Art. Schweißerschutz mit Lichtschutzfaktor (Streifenware), techn. Qualität, Farbe natur z. B. für Maschinenunterlagen, als Prallschutz für Auskleidungen sowie Dichtungen und Stanzteile

### Verarbeitung

Schneiden/Stanzen/Verklebungen untereinander mittels Lösungsmittelkleber möglich



# HPVC-Glas (transparent)

## Eigenschaftsprofil HPVC-Glas

**Dichte:** 1,37 g/cm<sup>3</sup>

**Einsatztemperatur:** +/-0° bis +60 °C

HPVC-Glas ist normal schlagzäh und speziell für den Inneneinsatz konzipiert. Das Material ist transparent und hat eine hohe chemische Widerstandsfähigkeit gegenüber Säuren und Laugen.

- einfache Verarbeitung möglich
- hervorragende elektrische Isoliereigenschaften
- gute Formstabilität sowie Steifigkeit
- geringe Feuchtigkeitsaufnahme
- gute Lichtdurchlässigkeit z. B. 4 mm = 78 %

### Bemerkung

HPVC-Glas ist zum Schutz gegen Oberflächenbeschädigungen – bei Transport und Lagerung – beidseitig mit Schutzfolie ausgerüstet. Achtung: Mit Schutzfolie nicht im Freien lagern! Die Folie polymerisiert durch intensive Sonneneinstrahlung und lässt sich nur unter größten Schwierigkeiten entfernen. Standard HPVC Typen entsprechen nicht den Anforderungen des Lebensmittelgesetzes.

### Qualitäten

HPVC-Glas transparent Standardqualität, HPVC-Glas SX transparent, eine Sonderausführung in erhöht schlagzäher Qualität.

### Einsatz

Transparente Abdeckungen und Verglasungen für Maschinenbau, chem. Apparate und Laborbau sowie Elektroindustrie. Ein Material für den Werbesektor und die Bauindustrie, Trennwandbau, Schilderfertigung, für Tiefziehteile und Schaltschrankbau etc.

### Verarbeitung

Gute spanende Verarbeitung möglich, Warmumformen, Kleben, Schweißen, Bedrucken

# PE-HD (Polyethylen-high-density)

## Eigenschaftsprofil PE-HD allgemein

Die Kettenlänge (Polymerisationsgrad) bestimmt vorwiegend die Eigenschaften von Polyethylen.

Im Vergleich zu den Standardpolyethylentypen natur und schwarz weisen PE HD 500 (HMW) sowie PE HD 1000 (UHMW) eine höhere Molmasse (M) auf, die nach verschiedenen Methoden bestimmt werden kann. Auf der Basis nach der Margolies Gleichung (Basis viskosimetrischer Messungen) unterscheiden sich die Werkstoffe in Standard PE HD natur oder schwarz = ca. 250 000 M

PE HD 500 (HMW) = ca. 500 000 M  
PE HD 1000 (UHMW) = ca. 4,4 – ca. 8 Millionen M

Zusätzlich zu den allgemeinen Merkmalen des Standard PE-HD wie

- gute Widerstandsfähigkeit gegen Spannungsrisse
- keine Wasseraufnahme
- Lebensmittelzulässigkeit
- sehr gute elektrische und dielektrische Eigenschaften
- gute Ver- und Bearbeitbarkeit
- chemische Widerstandsfähigkeit

Mit steigendem Molekulargewicht nehmen eine Reihe von Eigenschaften bei den hochmolekularen PE-HD-Typen zu. Das sind z. B.:

- Kerbschlagzähigkeit
- Spannungsrissbeständigkeit
- Reißfestigkeit/Reißdehnung
- Eine Abnahme der Steifigkeit sowie des Abriebes ist gleichfalls von zunehmender Molmasse abhängig.

## Eigenschaftsprofil PE-Standard natur oder schwarz

**Werkstoff Dichte:** 0,96 g/cm<sup>3</sup>

**Einsatztemperatur:** –50 °C bis +80 °C

Ohne nennenswerte mechanische Belastung und mit Luft als Umgebungsmedium bis +80 °C.

PE HD hat eine hohe Zähigkeit, auch bei niedrigen Temperaturen, eine niedrige Dichte (im Vergleich zu anderen Werkstoffen) und überzeugt durch eine hohe chemische Widerstandsfähigkeit.

- sehr gute elektrische Isoliereigenschaften
- gute Gleiteigenschaften
- fast keine Feuchtigkeitsaufnahme
- brennbar nach DIN 4102 B2
- physiologisch indifferent (lebensmittelzulässig)
- antiadhäsive Eigenschaften (daher keine 100% Verklebung mögl.)

### Bemerkung

PE natur ist ausschließlich für den Inneneinsatz vorgesehen.

PE schwarz speziell für den Außeneinsatz UV stabilisiert.

Gepresste Platten haben gegenüber extrudierten Platten weniger Spannungen und sind daher für Frästeile zu bevorzugen.

### Qualitäten

extrudierte und gepresste Ausführung/Farbe natur/schwarz  
Weitere Qualitäten/Modifikationen auf Anfrage.

### Einsatz

Maschinenbau, chem. Apparate und Laborbau, Galvanotechnik  
jeglicher Einsatz bei Forderung physiologischer Unbedenklichkeit.

### Verarbeitung

Warmumformen, Schweißen, Spanen,

Verklebungen: keine hohe Klebefestigkeit möglich

Bedrucken: Oberflächenvorbehandlung notwendig

### Abmessungen

Platten 0,5 – 50 mm extrudierte Ausführung –  
Abm. 2000 x 1000 mm  
10 – 200 mm gepresste Ausführung –  
Abm. 2000 x 1000 mm  
andere Plattenformate auf Anfrage

Rundstäbe: 8 – 500 mm Durchmesser, Längen à 1000/2000 mm

**Toleranzen:** Handelsübliche Toleranzen für Thermoplast/Duroplast  
Werkstoffe

## Eigenschaftsprofil PE-1000 (UHMW)

**Werkstoff Dichte:** 0,94 g/cm<sup>3</sup>

**Einsatztemperatur:** –200 °C bis +80 °C

Erhöhung von ca. 10% ist zulässig, wenn die Teile mechanisch nicht nennenswert belastet werden.

PE-HD-1000 (UHMW) verfügt über eine hohe Schlag- und Kerbschlagzähigkeit auch bei niedrigen Temperaturen, sowie über eine hohe Reißfestigkeit und Reißdehnung mit optimalem Langzeitverhalten. Dieses Material ist weder durch langsame noch durch schlagartige Beanspruchung zu zerstören.

- sehr geringer Verschleiß, abriebfest
- gute Gleiteigenschaften, verhindert Anbacken
- fast keine Feuchtigkeitsaufnahme
- brennbar nach DIN 4102 B2
- physiologisch indifferent (lebensmittelzulässig)
- antiadhäsive Eigenschaften (daher keine 100% Verklebung mögl.)

### Bemerkung

PE-HD 1000 UHMW natur ist nicht speziell für den Außeneinsatz stabilisiert und daher für den Inneneinsatz vorgesehen.

PE-HD 1000 UHMW schwarz speziell für den Außeneinsatz UV stabilisiert.

Gepresste Platten haben gegenüber extrudierten Platten weniger Spannungen und sind daher für Frästeile zu bevorzugen.

### Qualitäten

extrudierte/geschälte und gepresste Platten

Farbe natur/schwarz/grün

Sondertypen modifiziert für hochbeanspruchte Teile auf Anfrage.

Rundstäbe ramextrudiert/extrudierte Ausführung

### Einsatz

Maschinenbau, chem. Apparatebau, Galvanotechnik, jeglicher Einsatz bei Forderung physiologischer Unbedenklichkeit sowie Anforderungen an Gleiteigenschaften bei optimaler Verschleißfestigkeit, z. B. Bunkerauskleidungen

**Verarbeitung:** siehe PE HD

# PE-HD

## Werkstoffkennwerte PE-HD – Typen

Bezeichnung DIN ISO 1043 Werkstoffbezeichnung			PE-schwarz PE-100	PE-natur PE-100	PE-HMW PE-HD 500	PE-UHMW PE-HD 1000
<b>Technische Daten</b>	<b>Norm</b>	<b>Einheit</b>				
Dichte	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	0,96	0,96	0,95	0,94
Streckspannung	DIN EN ISO 527	MPa	23	23	28	22
Dehnung bei Streckspannung	DIN EN ISO 527	%	9	9	8	10
Reißdehnung	DIN EN ISO 527	%	300	500	300	350
Zug-E-Modul	DIN EN ISO 527	MPa	1100	1100	850	800
Schlagzähigkeit	DIN EN ISO 179	kJ/m <sup>2</sup>	ohne Bruch	ohne Bruch	ohne Bruch	ohne Bruch
Kerbschlagzähigkeit	DIN EN ISO 179	kJ/m <sup>2</sup>	30	30	50	ohne Bruch
Kugeldruckhärte	DIN EN ISO 2039-1	MPa	40	40	45	40
Shorehärte	ISO 868	D	65	65	66	64
Mittlerer thermischer Längsausdehnungskoeffizient	DIN 53752	K <sup>-1</sup>	1,8 x 10 <sup>-4</sup>	1,8 x 10 <sup>-4</sup>	1,5 x 10 <sup>-4</sup>	1,6 x 10 <sup>-4</sup>
Wärmeleitfähigkeit	DIN 52612	W/m-K	0,38	0,38	0,38	0,38
Brandverhalten	DIN 4102		normal entflammbar	normal entflammbar	normal entflammbar	normal entflammbar
Durchschlagfestigkeit	IEC 243-1	kV/mm	47	47	44	44
Oberflächenwiderstand	DIN IEC 167	Ohm	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>
Temperatureinsatzbereich		°C	-50 bis +80	-50 bis +80	-100 bis +80	-200 bis +80
Chemische Widerstandsfähigkeit			sehr gut im Kontakt mit vielen Säuren, Laugen und Lösungsmitteln			
Physiologisch unbedenklich nach BgVV			ja	ja	ja	ja (nur Farbe natur)
<b>Verarbeitung</b>						
Schweißen			ja	ja	ja	möglich
Kleben, GFK-Beschichten			nur nach Vorbehandlung möglich			
Lackieren, Bedrucken			nur nach Vorbehandlung möglich			
Warmverformen			gut	gut	möglich	eingeschränkt
<b>Eigenschaften und Anwendungen</b>			speziell für Anwendungen im Außenbereich UV-stabilisiert, gut tiefziehfähig, insbesondere für den Einsatz im Behälter- und Apparatebau sowie im Tiefzieh- sektor	physiologisch unbedenklich, insbesondere für Anwendungen im Lebensmittel- bereich	hochmolekular, abriebfest, gute Gleiteigenschaf- ten, insbesondere für Anwendungen in der Förder- technik sowie im Maschinen- und Anlagenbau	ultrahochmole- kular, besonders abriebfest, gute Gleiteigenschaf- ten, insbesondere für den Einsatz in der Fördertechnik sowie im Silo- und Bunkerbau

# PE-HD

## Werkstoffkennwerte PE 1000 TIVAR® – Typen

Eigenschaften	Norm	Einheit	TIVAR® Eco green	TIVAR® 1000	TIVAR® 1000 ASTL
DIN-Bezeichnung			PE-UHMW Ultrahoch- molekulares Polyethylen mit Regeneratanteil	PE-UHMW Ultrahoch- molekulares Polyethylen	PE-UHMW Ultrahoch- molekulares Polyethylen
Farbe	–	–	grün, farbig	natur, farbig	schwarz
Molekulargewicht (mittlere molare Masse)	–	g/mol	ca. $3 \cdot 10^6 - 7 \cdot 10^6$	ca. $5 \cdot 10^6$	$< 9 \cdot 10^6$
Dichte	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	ca. 0,94	ca. 0,93	$\geq 0,935$
Wasseraufnahme	ISO 62	%	$< 0,1$	$< 0,1$	0,1
<b>Mechanische Eigenschaften</b>					
Streckspannung	ISO 527	MPa	$\geq 20$	$\geq 19$	$\geq 20$
Nominelle Bruchdehnung (Reißdehnung)	ISO 527	%	$\geq 50$	$\geq 50$	$\geq 50$
E-Modul (Zugversuch)	ISO 527	MPa	775	750	790
Schlagzähigkeit (Charpy)	ISO 179	kJ/m <sup>2</sup>	ohne Bruch	ohne Bruch	ohne Bruch
Kerbschlagzähigkeit (Charpy)	ISO 11542-2	kJ/m <sup>2</sup>	$\geq 80$	$\geq 80$	$\geq 90$
Kugeldruckhärte	ISO 2039-1	N/mm <sup>2</sup>	30 – 35	30 – 35	30 – 35
Shore-Härte D	ISO 868	–	60 – 65	60 – 65	60 – 65
Gleitreibungskoeffizient	–	–	ca. 0,2	ca. 0,2	ca. 0,2
Verschleiß (Sand-Slurry)	–	%	150 +/- 20	$\leq 120$	90
<b>Thermische Eigenschaften</b>					
Schmelztemperatur DSD, 10 K/min.	ISO 3146	°C	135 – 138	135 – 138	135 – 135
Vicat-Erweichungstemperatur	ISO 306	°C	80	80	83
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient – zwischen 23 und 80 °C	ISO 11359	K <sup>-1</sup>	ca. $2 \cdot 10^{-4}$	ca. $2 \cdot 10^{-4}$	ca. $2 \cdot 10^{-4}$
Wärmeleitfähigkeit	ISO 52612	W [m · K]	ca. 0,4	ca. 0,4	ca. 0,4
Gebrauchstemperatur (max.)	–	°C	80	80	80
Gebrauchstemperatur (kurzzeitig)	–	°C	120	120	120
Gebrauchstemperatur (min.)	–	°C	–150	–200	–150
<b>Elektrische Eigenschaften</b>					
Dielektrizitätszahl bei 100 Hz	IEC 60250	–	–	–	–
Dielektrischer Verlustfaktor bei 100 Hz	IEC 60250	–	–	–	–
Spezifischer Durchgangswiderstand	IEC 60093	$\Omega \cdot m$	$> 10^3$	$> 10^{12}$	$> 10^6$
Oberflächenwiderstand	IEC 60093	$\Omega$	$> 10^4$	$> 10^{12}$	$> 10^6$
Durchschlagfestigkeit	IEC 60243	kV/mm	–	45	–
<b>Physiologische Eigenschaften</b>					
Entspricht den Regularien gemäß					
EU-Kunststoffrichtlinie 2002/72/EG			nein	ja	ja
FDA-Richtlinie 21CFR177.1520			nein	ja	nein
FDA-Richtlinie 21CFR178.2010			nein	N/A	N/A
FDA-Richtlinie 21CFR178.3297			nein	ja	nein

### Hinweise für die Anwender:

Die hier genannten Angaben entsprechen dem heutigen Stand unserer Kenntnisse. Durch die enthaltenen Informationen werden bestimmte Eigenschaften weder vereinbart noch zugesichert. Die Entscheidung über die Eignung eines Werkstoffes für einen konkreten Einsatzzweck obliegt dem jeweiligen Anwender.

Änderungen der angegebenen Daten sind vorbehalten.

Die angegebenen Werte beziehen sich auf eine 40 mm dicke Platte. Abhängig von der Stärke können die technischen Werte prozessbedingt variieren.

# PP (Polypropylen)

## Eigenschaftsprofil PP

**Werkstoff Dichte:** 0,91 g/cm<sup>3</sup>

**Einsatztemperatur:** +/-0 °C bis +80 °C

Ohne nennenswerte mechanische Belastung und mit Luft als Umgebungsmedium bis +100 °C.

Hat eine höhere Steifigkeit, Härte und Festigkeit als PE.

- hohe chemische Widerstandsfähigkeit
- sehr gute elektrische Isoliereigenschaften
- fast keine Feuchtigkeitsaufnahme
- brennbar nach DIN 4102 B2
- physiologisch unbedenklich (nach BGA/FDA)
- antiadhäsive Eigenschaften (daher keine 100% Verklebung möglich)

**Bemerkung**

PP ist generell für den Außeneinsatz konzipiert. Einschränkungen in der chemischen Beständigkeit.

**Gepresste Platten sind aufgrund ihrer Herstellung spannungsneutraler und für Frästeile zu bevorzugen.**

**Qualitäten**

extrudierte/gepresste Ausführung, Farbe natur/kieselgrau  
Weitere PP-Qualitäten auf Anfrage.

**Einsatz**

Maschinenbau, chem. Apparate und Laborbau, Galvanotechnik, jeglicher Einsatz bei Forderung physiologischer Unbedenklichkeit.

**Verarbeitung**

Warmumformen, Schweißen, Spanen  
Verklebungen: keine hohe Klebefestigkeit möglich  
Bedrucken: Oberflächenvorbehandlung notwendig  
Gute Zerspanung

**Toleranzen**

Handelsübliche Toleranzen für Thermoplast/Duroplast Werkstoffe

Gewichtsangabe = theoretische Gewichte

## Werkstoffkennwerte PP – Typen

Werkstoffbezeichnung Bezeichnung DIN ISO 1043			PP-DWU PP-grau	PP-DWST PP-natur	PPs PP-schwer entflammbar
<b>Technische Daten</b>	<b>Norm</b>	<b>Einheit</b>			
Dichte	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	0,91	0,90	0,95
Streckspannung	DIN EN ISO 527	MPa	32	30	32
Dehnung bei Streckspannung	DIN EN ISO 527	%	8	8	8
Reißdehnung	DIN EN ISO 527	%	70	70	70
Zug-E-Modul	DIN EN ISO 527	MPa	1400	1400	1300
Schlagzähigkeit	DIN EN ISO 179	kJ/m <sup>2</sup>	ohne Bruch	ohne Bruch	ohne Bruch
Kerbschlagzähigkeit	DIN EN ISO 179	kJ/m <sup>2</sup>	6	6	7
Kugeldruckhärte	DIN EN ISO 2039-1	MPa	70	70	70
Shorehärte	ISO 868	D	72	72	72
Mittlerer thermischer Längsausdehnungskoeffizient	DIN 53752	K <sup>-1</sup>	1,6 x 10 <sup>-4</sup>	1,6 x 10 <sup>-4</sup>	1,6 x 10 <sup>-4</sup>
Wärmeleitfähigkeit	DIN 52612	W/m-K	0,22	0,22	0,22
Brandverhalten	DIN 4102		normal entflammbar	normal entflammbar	normal entflammbar
Durchschlagfestigkeit	IEC 243-1	kV/mm	52	58	22
Oberflächenwiderstand	DIN IEC 167	Ohm	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>
Temperatureinsatzbereich		°C	0 bis +100	0 bis +100	0 bis +100
Chemische Widerstandsfähigkeit			sehr gut im Kontakt mit vielen Säuren, Laugen und Lösungsmitteln		
Physiologisch unbedenklich nach BgVV			ja	ja	nein
<b>Verarbeitung</b>					
Schweißen			ja	ja	ja
Kleben, GFK-Beschichten			bei kaschierten Platten möglich		
Lackieren, Bedrucken			nur nach Vorbehandlung möglich		
Warmverformen			gut	gut	gut
<b>Eigenschaften und Anwendungen</b>			besonders wärmostabil, insbesondere für Anwendungen im Behälter- und Apparatebau	physiologisch unbedenklich, insbesondere für Anwendungen im Lebensmittelsektor	besonders wärmostabil insbesondere für den Einsatz im Lüftungsanlagenbau

# PET (Polyethylenterephthalat)

## Eigenschaftsprofil PET

**Werkstoff Dichte:** 1,39 g/cm<sup>3</sup>

**Einsatztemperatur:** –20 °C bis + 115/100 °C (5000/20000 Std.)

Die spezifischen Eigenschaften, wie niedrige Gleitreibungszahl bei sehr hoher Verschleißfestigkeit machen dieses Material zu einem besonders für mechanische Präzisions- und Verschleißteile bevorzugten Material.

### Haupteigenschaften von PET

- hohe mechanische Festigkeit, Steifigkeit und Härte
- gute Kriechfestigkeit
- niedrige und konstante Gleitreibungszahl
- sehr hoher Verschleißwiderstand (vergleichbar mit oder sogar besser als PA)
- sehr hohe Dimensionsstabilität (besser als die von POM)
- bessere Beständigkeit gegen Säure als PA und POM
- gute elektrische Isoliereigenschaften
- hervorragende Zerspanbarkeit (kurzer Span)
- physiologisch unbedenklich (geeignet für den Kontakt mit Lebensmitteln)
- hohe Beständigkeit gegen energiereiche Strahlung (Gamma und Röntgenstrahlen)

Optimale Gleiteigenschaften mit äußerst niedrigem Gleitreibungskoeffizient werden durch den Zusatz von Festschmierstoffen erreicht (siehe PET mit Festschmierstoffe Ertalyte® TX).

### Bemerkung

PET ist nicht geeignet für den Einsatz bei Hydrolyse > 70 °C (heißes Wasser oder Dampf).

### Qualitäten

**PET** Farbe weiß/schwarz

**PET** mit Festschmierstoff (Ertalyte® TX) Farbe hellgrau

Ein homogen eingebauter Festschmierstoff macht PET zu einem einzigartigen, selbstschmierenden Gleitlagermaterial. Das Material weist nicht nur einen sehr hohen Verschleißwiderstand auf, sondern bietet im Vergleich zum Standard PET vor allem einen noch niedrigeren Gleitreibungskoeffizienten und höhere dynamische Tragfähigkeit (P- Grenzwert).

### Einsatz

Maschinenbau, Feinwerktechnik, hochbelastete Gleitelemente wie Lagerbüchsen, Führungsleisten etc., maßhaltige Präzisionsteile für die Elektroindustrie, Büchsen, Zahnräder und Teile, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen.

### Verarbeitung

Hervorragende Zerspanbarkeit (kurzer Span)  
(siehe Bearbeitungshinweise auf Seite 13/106)

# PETG

## Eigenschaftsprofil PETG Axpet®

**Axpet®** sind Massivplatten aus thermoplastischem Polyester. Sie bieten eine hohe Schlagfestigkeit, gute Brandschutzklassifizierung und sind nahrungsmittelverträglich. Axpet® ist chemikalienbeständig und voll recyclingfähig.

### Vorteile

- gute Schlagzähigkeit
- gute Brandschutzklassifizierung
- nahrungsmittelverträglich

**Axpet® clear 099** sind klare transparente Platten mit hoher Lichtdurchlässigkeit und Glanz.

**Axpet® NR clear 099** sind transparente Platten mit einer einseitigen nicht-reflektierenden Mattierung.

**Axpet® white 100** sind weiß opake Platten, d. h., sie sind undurchsichtig, selbst bei geringen Dicken.

**Axpet® white 130** sind transluzente Platten, die eine gute Lichtstreuung in Verbindung mit einer angenehmen weißen Farbe bieten.

**Axpet® UV clear 2099** sind klare transparente Platten mit beidseitigem UV-Schutz um visueller Vergilbung vorzubeugen.

### Anwendungen

Ideale Einsatzgebiete für Axpet® sind im Innenbereich: POS (Displays, Preisschildhalter, Regalteiler), Posterverschiebungen, Plakatafeln (auch hinterleuchtet), Wegweiser, Werbezeichen, Behälter und Tablett für Nahrungsmittel, dekorative Einsätze, pharmazeutische Produkte, plane Maschinenabdeckungen.

Eine leichte Bearbeitung und Siebdruckung der Platten ist möglich. Durch die Kristallisationseigenschaft von Polyester kann es bei Warmumformung zu Weißbildung in der Platte kommen.

Axpet® Platten lassen sich leicht kalt abkanten und weisen einen Scharniereffekt auf. Für Außenanwendungen empfehlen wir Axpet® UV Platten.

## Werkstoffkennwerte PETG Axpet®

Eigenschaften	Prüfbedingungen	Richtwerte	Einheit	Testmethode
<b>Physikalisch</b>				
Dichte		1,33	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183-1
Feuchtigkeitsaufnahme	nach Lagerung in Normklima 23 °C/50% r. F.	0,2	%	ISO 62-4
	nach Lagerung in Wasser bei 23 °C bis zur Sättigung	0,5	%	ISO 62-1
Brechungsindex	20 °C	1,585	–	ISO 489
<b>Mechanisch</b>				
Streckspannung		› 55	MPa	ISO 527-2/1B/50
Dehnung bei Streckspannung		4	%	ISO 527-2/1B/50
Zugfestigkeit		› 55	MPa	ISO 527-2/1B/50
Reißdehnung		› 25	%	ISO 527-2/1B/50
Elastizitätsmodul		2500	MPa	ISO 527-2/1B/1
Grenzbiegespannung		ca. 80	MPa	ISO 178
Schlagzähigkeit	Charpy ohne Kerbe	ohne Bruch	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1fU
	Charpy gekerbt	ca. 4	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1eA
	Izod gekerbt	ca. 3	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 180/1A
<b>Thermisch</b>				
Vicat-Erweichungstemperatur	Verfahren B50	75	°C	ISO 306
Wärmeleitfähigkeit		0,25	W/m K	DIN 52612
Lin. therm. Ausdehnungskoeffizient		0,05	mm/m °C	DIN 53752-A
Wärmeformbeständigkeit	Verfahren A: 1,80 MPa	63	°C	ISO 75-2
	Verfahren B: 0,45 MPa	70	°C	ISO 75-2
<b>Elektrisch</b>				
Durchschlagfestigkeit		60	kV/mm	IEC 60243-1
Spezifischer Durchgangswiderstand		10 <sup>15</sup>	Ohm · cm	IEC 60093
Oberflächenwiderstand		10 <sup>16</sup>	Ohm	IEC 60093
Dielektrizitätszahl	bei 10 <sup>3</sup> Hz	3,4		IEC 60250
	bei 10 <sup>6</sup> Hz	3,1		IEC 60250
Dielektrischer Verlustfaktor	bei 10 <sup>3</sup> Hz	0,015		IEC 60250
	bei 10 <sup>6</sup> Hz	0,056		IEC 60250

Die mechanischen Eigenschaften wurden am Plattenmaterial, Dicke 4 mm, ermittelt.

# PETG

## Werkstoffkennwerte PETG Axpel®

### Lichtdurchlässigkeit

Testmethode nach DIN 5036. Die angegebenen Dicken sind nicht alle standardmäßig erhältlich. Bitte fragen Sie für nähere Informationen an. Die angegebenen Werte sind Richtwerte.

Plattenstärke	0,8	1	1,5	2	3	4	5	6
Lichtdurchlässigkeit in %								
Axpel® clear 099	90	89	89	88	87	86	85	84
Axpel® NR clear 099	88	87	87	86				
Axpel® white 100		< 2		< 1	< 1			
Axpel® white 130		28	28	28	30			
Axpel® UV clear 2099		89		88	87	86	85	84

#### Verfügbare Abmessungen

Axpel® ist in den Dicken 0,8 – 6 mm und in den folgenden Maßen erhältlich, andere Maße, Farben und Plattenstärken sind anzufragen.

#### Farben

Axpel® clear 099  
 Axpel® NR clear 099  
 Axpel® white 100  
 Axpel® white 130  
 Axpel® UV clear 2099

#### Dauergebrauchstemperatur

Die Dauergebrauchstemperatur ohne Last liegt bei ca. 60 °C.

### Brandschutzklassifizierung (\*)

Sauerstoffindex (LOI) 28% ISO 4589-2

Land	Standard	Klassifizierung	Dicke	Farbe
Deutschland	DIN 4102	B1 (Innenbereich) brennend abtropfend	0,8 – 6 mm	clear 099
			0,8 – 2 mm	NR clear 099
			1 – 4 mm	white 130
Großbritannien	BS 476 Part 7	Class 1Y	1,5 + 6 mm	clear 099
Frankreich	NFP 92-501 + 505	M1 M2	6 mm	clear 099
			0,8 – 5 mm	clear 099
			0,8 – 4 mm	NR clear 099
			1 – 4 mm	white 130
			0,8 – 6 mm	clear 099
	NFP 16-101 + 102	F1	1 – 4 mm	white 130

### Glühdrahttest, IEC 60695-2-12, in °C (\*)

Plattenstärke	0,8	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6
Lichtdurchlässigkeit in %									
Axpel® clear 099	960	960	960	960		960	960		
Axpel® NR clear 099		900							
Axpel® white 100		900		960					
Axpel® white 130		960	960	960		960	960		

(\*) Brandschutzzertifikate sind in ihrer Gültigkeit zeitlich begrenzt. Bitte überprüfen Sie jedes Dokument auf seine Gültigkeit.



# PETG

## Eigenschaftsprofil PETG Vivak®

### Vorteile

- hervorragende Warmformbarkeit
- gute Schlagzähigkeit
- nahrungsmittelverträglich
- gute Brandschutzklassifizierung

Vivak® sind Massivplatten aus thermoplastischem Copolyester. Sie bieten eine hohe Schlagfestigkeit, gute Brandschutzklassifizierung, sind nahrungsmittelverträglich und voll recyclingfähig.

Vivak® clear 099 sind klare transparente Platten mit extremer Lichtdurchlässigkeit und hohem Glanz.

Vivak® bronze 850 Platten sind bronze und transparent.

Vivak® fluo sind leuchtend transparente Platten mit hohem Glanz und extremer Kantenhelligkeit.

### Anwendungen

Ideale Einsatzgebiete für Vivak® sind: POS (Displays, Preisschildhalter, Regalteiler), Wegweiser, Werbezeichen, Behälter und Tablets für Nahrungsmittel, pharmazeutische Anwendungen, plane und geformte Maschinenabdeckungen, Raumteiler.

Vivak® kann schnell warmgeformt werden mit geringem Energieverbrauch; kurze Produktionszeit, extreme Ziehverhältnisse und Abdruckreproduzierbarkeit ohne Vortrocknung. Sie sind einfach zu siebbedrucken und leicht zu bearbeiten.

## Werkstoffkennwerte PETG Vivak®

Eigenschaften	Prüfbedingungen	Richtwerte	Einheit	Testmethode
<b>Physikalisch</b>				
Dichte		1,27	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183-1
Feuchtigkeitsaufnahme	nach Lagerung in Normklima 23 °C/50% r. F.	0,2	%	ISO 62-4
	nach Lagerung in Wasser bei 23 °C bis zur Sättigung	0,6	%	ISO 62-1
Brechungsindex	20 °C	1,567	–	ISO 489
<b>Mechanisch</b>				
Streckspannung		› 45	MPa	ISO 527-2/1B/50
Dehnung bei Streckspannung		4	%	ISO 527-2/1B/50
Zugfestigkeit		› 45	MPa	ISO 527-2/1B/50
Reißdehnung		› 35	%	ISO 527-2/1B/50
Elastizitätsmodul		2200	MPa	ISO 527-2/1B/1
Grenzbiegespannung		ca. 80	MPa	ISO 178
Schlagzähigkeit	Charpy ohne Kerbe	ohne Bruch	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1fU
	Charpy gekerbt	ca. 7	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1eA
	Izod gekerbt	ca. 6	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 180/1A
<b>Thermisch</b>				
Vicat-Erweichungstemperatur	Verfahren B50	80	°C	ISO 306
Wärmeleitfähigkeit		0,2	W/m K	DIN 52612
Lin. therm. Ausdehnungskoeffizient		0,05	mm/m °C	DIN 53752-A
Wärmeformbeständigkeit	Verfahren A: 1,80 MPa	63	°C	ISO 75-2
	Verfahren B: 0,45 MPa	70	°C	ISO 75-2
<b>Elektrisch</b>				
Durchschlagfestigkeit		20	kV/mm	IEC 60243-1
Spezifischer Durchgangswiderstand		10 <sup>15</sup>	Ohm · cm	IEC 60093
Oberflächenwiderstand		10 <sup>16</sup>	Ohm	IEC 60093
Dielektrizitätszahl	bei 10 <sup>3</sup> Hz	2,6		IEC 60250
	bei 10 <sup>6</sup> Hz	2,4		IEC 60250
Dielektrischer Verlustfaktor	bei 10 <sup>3</sup> Hz	0,005		IEC 60250
	bei 10 <sup>6</sup> Hz	0,02		IEC 60250

Die mechanischen Eigenschaften wurden am Plattenmaterial, Dicke 4 mm, ermittelt.

# PETG

## Werkstoffkennwerte PETG Vivak®

### Lichtdurchlässigkeit

Testmethode nach DIN 5036. Die angegebenen Dicken sind nicht alle standardmäßig erhältlich. Bitte fragen Sie für nähere Informationen an. Die angegebenen Werte sind Richtwerte.

Plattenstärke	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12
Lichtdurchlässigkeit in %													
Vivak® clear 099	90	90	90	90	89	89	88	88	87	86	85	84	80
Vivak® bronze 850					70		60	50	45	36	27		
Vivak® fluo green 680							80						
Vivak® fluo red 330							28						
Vivak® fluo orange 250							52						

### Verfügbare Abmessungen

Vivak® ist in den Dicken 0,5 – 10 mm und in den folgenden Maßen erhältlich, andere Maße, Farben und Plattenstärken sind anzufordern.

### Formate (Standard)

2050 x 1250 mm  
3050 x 2050 mm

### Farben

Vivak® clear 099  
Vivak® bronze 850  
Vivak® fluo green 680  
Vivak® fluo red 330  
Vivak® fluo orange 250

### Warmformung

Dank hervorragender Fließigenschaften und Detailreproduktion können Vivak® Platten bei niedrigen Temperaturen ohne Vortrocknung thermisch geformt werden. Wegen der geringen spezifischen Wärmekapazität erfordert Vivak® nur eine geringe Energiemenge zur Warmformung.

### Dauergebrauchstemperatur

Die Dauergebrauchstemperatur liegt bei ca. 65 °C.

### Brandschutzklassifizierung (\*)

Sauerstoffindex (LOI) 28% ISO 4589-2

Land	Standard	Klassifizierung	Dicke	Farbe
Europa	EN 13501-1	B-s1, d0	2 – 8 mm	clear 099
		B-s2, d0	2 – 6 mm	alle Farben
Deutschland	DIN 4102	B1 (Innenbereich)	0,5 – 10 mm	clear 099
	DIN 54837/5510-2	S4 / SR2 / ST2	2 – 6 mm	clear 099
Italien	CSE RF 2/75/A	Classe 1 (Wand)	2 – 8 mm	alle Farben
	CSE RF 3/77			
Frankreich	NFP 92-501 & 505	M2	2 – 5 mm	clear 099
	NFP 16-101 & 102	F1	0,5 – 12 mm	clear 099
USA	UL 94	V-2	≥ 3 mm	clear 099 (Rohstoff)

### Glühdrahttest, IEC 60695-2-12, in °C (\*)

Plattenstärke	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	3	4
Lichtdurchlässigkeit in %								
Vivak® clear 099	960	960	900	960	960	960	960	960
Vivak® bronze 850					960		960	

(\*) Brandschutzzertifikate sind in ihrer Gültigkeit zeitlich begrenzt. Bitte überprüfen Sie jedes Dokument auf seine Gültigkeit.

# PET-/PC 1000-Richtwerte

## Werkstoffkennwerte PET-/PC 1000 – Typen

Eigenschaften	Prüf- methoden ISO/(IEC)	Ein- heiten	PET Ertalyte® (15)	PET Ertalyte® TX	PC 1000
Farbe	–	–	natur (weiß)/ schwarz	hellgrau	natur (farblos, durchscheinend)
Dichte	1183	g/cm <sup>3</sup>	1,39	1,43	1,20
Wasseraufnahme					
• nach 24/96 h Lagerung im Wasser von 23°C	62	mg	6/13	5/11	13/23
	62	%	0,07/0,16	0,06/0,13	0,18/0,33
• bei Sättigung im Normalklima 23°C/50% RH	–	%	0,25	0,23	0,15
• bei Sättigung im Wasser von 23°C	–	%	0,50	0,47	0,35
<b>Thermische Eigenschaften (2)</b>					
Schmelztemperatur	–	%	255	255	150
Wärmeleitfähigkeit bei 23°C	–	W/(K·m)	0,29	0,29	0,21
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient:					
• mittlerer Wert zwischen 23 und 60°C	–	m(m·K)	60 · 10 <sup>-6</sup>	65 · 10 <sup>-6</sup>	65 · 10 <sup>-6</sup>
• mittlerer Wert zwischen 23 und 100°C	–	m(m·K)	80 · 10 <sup>-6</sup>	85 · 10 <sup>-6</sup>	65 · 10 <sup>-6</sup>
Wärmeformbeständigkeitstemperatur:					
• Methode A: 1,8 MPa	+ 75	°C	75	75	130
Obere Gebrauchstemperaturgrenze in Luft:					
• kurzzeitig (3)	–	°C	160	160	135
• dauernd: während 5000/20000 h (4)	–	°C	115/100	115/100	130/120
Untere Gebrauchstemperatur (5)			–20	–20	–60
Brennverhalten (6)					
• „Sauerstoff-Index“	4589	%	25	25	25
• nach UL 94 (Dicke 3/6 mm)	–	–	HB, HB	HB, HB	HB, HB
<b>Mechanische Eigenschaften bei 23°C</b>					
Zugversuch (8):					
• Streckspannung (9)	+ 527	MPa	90	76	70
	++ 527	MPa	90	76	70
• Bruchdehnung (9)	+ 527	%	15	7	> 50
	++ 527	%	15	7	> 50
• Zug-Elastizitätsmodul (10)	+ 527	MPa	3700	3450	2400
	++ 527	MPa	3700	3450	2400
Druckversuch (11):					
• Druckspannung bei 1/2/5% nomineller Stauchung (10)	+ 604	MPa	26/51/103	24/47/95	18/35/72
Zeitstand-Zugversuch (8):					
• Spannung die nach 1000 h zu einer Dehnung von 1% führt	+ 899	MPa	26	23	17
• (σ <sub>1/1000</sub> )	++ 899	MPa	26	23	17
Charpy Schlagzähigkeit (12)	+ 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	≥ 50	≥ 30	ohne Bruch
Charpy Kerbschlagzähigkeit	+ 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	2	2,5	9
Izod Kerbschlagzähigkeit	+ 180/2A	kJ/m <sup>2</sup>	2	2,5	9
	++ 180/2A	kJ/m <sup>2</sup>	2	2,5	9
Kugeldruckhärte (13)	+ 2039-1	N/mm <sup>2</sup>	170	160	120
Rockwellhärte (13)	+ 2039-2	–	M 96	M 94	M 75
<b>Elektrische Eigenschaften bei 23°C</b>					
Durchschlagfestigkeit (14)	+ (60243)	kV/mm	22	21	28
	++ (60243)	kV/mm	22	21	28
Spezifischer Durchgangswiderstand	+ (60093)	Ω · cm	> 10 <sup>15</sup>	> 10 <sup>15</sup>	> 10 <sup>15</sup>
	++ (60093)	Ω · cm	> 10 <sup>15</sup>	> 10 <sup>15</sup>	> 10 <sup>15</sup>
Spezifischer Oberflächenwiderstand	+ (60093)	Ω	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>15</sup>
	++ (60093)	Ω	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>15</sup>
Dielektrizitätszahl ε <sub>r</sub> :					
• bei 100 Hz	+ (60250)	–	3,4	3,4	3
	++ (60250)	–	3,4	3,4	3
• bei 1 MHz	+ (60250)	–	3,2	3,2	3
	++ (60250)	–	3,2	3,2	3
Dielektrischer Verlustfaktor tan δ:					
• bei 100 Hz	+ (60250)	–	0,001	0,001	0,001
	++ (60250)	–	0,001	0,001	0,001
• bei 1 MHz	+ (60250)	–	0,014	0,014	0,008
	++ (60250)	–	0,014	0,014	0,008
Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI)	+ (60112)	–	600	600	350 (225)
	++ (60112)	–	600	600	350 (225)

Anmerkung: 1 g/cm<sup>3</sup> = 1000 kg/m<sup>3</sup>; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>; 1 kV/mm = 1 MV/m

Für Ertalyte®, Ertalyte® TX und PC 1000 gibt es keine „gelbe UL-Karte“.

Legende siehe Seite 13/77

# Physikalische Eigenschaften Halbzeuge aus ERTALON<sup>®</sup>, NYLATRON<sup>®</sup>, ERTACETAL<sup>®</sup>, Ertalyte<sup>®</sup> und PC – Richtwerte

## Legende

- + Werte für trockenes Material
- ++ Werte für bis zur Sättigung im Normal-klima 23 °C/50 % RF gelagertes Material (größtenteils der Literatur entnommen).
- (1) Nach Verfahren 1 der ISO 62 und durchgeführt an Scheiben  $\varnothing 50 \times 3$  mm.
- (2) Die für diese Eigenschaften aufgeführten Werte sind größtenteils den Werkstoffblättern der Rohstofflieferanten sowie anderen Publikationen entnommen.
- (3) Gültig bei nur einigen Stunden Temperaturbeanspruchung für Anwendungen, wobei keine oder nur geringe mechanische Belastungen auftreten.
- (4) Temperaturbelastbarkeit über 5000/20000 Stunden. Nach diesen Zeitspannen ist die Zugfestigkeit auf zirka 50 % des Ausgangswertes abgefallen. Die hier aufgeführten oberen Gebrauchstemperaturgrenzen also basieren auf auftretendem thermisch-oxidativem Abbau, der eine Verringerung des Eigenschaftenniveaus hervorruft. Die höchstzulässige Gebrauchstemperatur ist jedoch, wie bei allen Thermoplasten, in vielen Fällen in erster Linie abhängig von Dauer und Größe der
- bei Wärmeeinwirkung auftretenden mechanischen Beanspruchungen.
- (5) Mit Rücksicht auf den Rückgang der Schlagzähigkeit mit abnehmender Temperatur, wird die untere Gebrauchstemperaturgrenze in der Praxis besonders durch die Größe der auf das Material einwirkenden Stoßbeanspruchungen bestimmt. Der hier aufgeführte Wert basiert auf ungünstigen Stoßbeanspruchungsbedingungen und soll folglich nicht als die absolute praktische Grenze betrachtet werden.
- (6) Zu beachten ist, dass aus diesen abgeschätzten, den Werkstoffblättern der Rohstofflieferanten entnommenen Werten, auf keinen Fall auf das Brandverhalten der Materialien in einem wirklichen Brandfall geschlossen werden darf. Es gibt keine „gelbe UL-Karte“.
- (7) Die für trockenes Material (+) aufgeführten Daten sind größtenteils mittlere Werte von Versuchen durchgeführt an aus Rundstäben  $\varnothing 40 - 60$  mm bearbeiteten Probekörpern. Mit Rücksicht auf die sehr geringe Wasseraufnahme von POM/PET/PC Qualitäten, können die Werte der mechanischen und elektrischen Eigenschaften für trockene (+) und luftfeuchte (++) Probekörper bei diesen Materialien als fast gleich betrachtet werden.
- (8) Probekörper: Typ 1 B.
- (9) Prüfgeschwindigkeit: 20 mm/min.
- (10) Prüfgeschwindigkeit: 1 mm/min.
- (11) Probekörper: Zylinder  $\varnothing 12 \times 30$  mm.
- (12) Benutztes Pendelschlagwerk: 15 J.
- (13) Gemessen an 10 mm dicken Probekörpern.
- (14) Elektrodenanordnung: zwei Zylinder  $\varnothing 25/\varnothing 75$  mm; in Transformatorenöl nach IEC 60296; gemessen an 1 mm dicken Probekörpern.
- (15) Die untenstehenden Werte treffen nicht zu für die 2 bis 6 mm dicken Ertalyte<sup>®</sup> Tafeln.

► Die Tabelle ist eine wertvolle Hilfe bei der Werkstoffauswahl. Die aufgeführten Daten liegen im normalen Bereich der Produkteigenschaften. **Sie stellen jedoch keine zugesicherten Eigenschaftswerte dar und sollen nicht zu Spezifikationszwecken oder als alleinige Grundlage für Konstruktionen herangezogen werden.**

# PMMA (Polymethylmethacrylat) – Acrylglas

## Eigenschaftsprofil PMMA

**Werkstoff Dichte:** 1,19 g/cm<sup>3</sup>

### Einsatztemperatur

–20 °C bis +70 °C (für PMMA XT/extrudiert)  
–20 °C bis +80 °C (für PMMA GS/gegossen)

Amorphe Thermoplaste mit geringer Feuchte und Wasseraufnahme. Glasklar mit hohem Oberflächenglanz, hoher Brillanz und kristallklarer Durchsicht in vielen Farben transparent und gedeckt einfärbbar.

### Haupteigenschaften von PMMA

- hart und steif, aber spröde – bedingt bruchfest bis schlagzäh
- sehr hohe Witterungs- und Alterungsbeständigkeit
- sehr gute Oberfläche
- große Farbpalette beider Qualitäten
- gute chemische Beständigkeit gegen verdünnte Säuren (mittlerer Konzentration)
- gegen organische Lösungsmittel begrenzt beständig
- konzentrierte Säuren/Nitroverdünnung etc. nicht beständig
- gute Zerspanbarkeit (kurzer Span)
- sehr gut verklebbar
- physiologisch unbedenklich (geeignet für den Kontakt mit Lebensmitteln)

### Bemerkung

Achtung: PMMA ist spannungsrissempfindlich (Bei Einsatz von Emulsionen, Schneidölen und Reinigungsmitteln, die Lösungsmittel enthalten, kann es zu Spannungsrisse führen). Relativ hoher Wärmeausdehnungskoeffizient sollte bei Konstruktionen berücksichtigt werden. Bei Außeneinsatz bis zu ca. 0,5 % oder +/- 5 mm/Meter.

### Qualitäten

PMMA XT/extrudiert klar transparent/sowie in verschiedenen Standardfarben  
PMMA GS/gegossen klar transparent/sowie in verschiedenen Standardfarben

PMMA GS = 2 – 25 mm Toleranz +/- 10 % plus 0,4 mm

(z. B. 8 mm von 6,8 – 9,2 mm)

PMMA GS Blockware > 25 mm –0/+4 bis –0/+7 mm je nach Dicke

PMMA XT = +/- 5%

PMMA GS – gegossene Platten werden zwischen zwei Glasplatten hergestellt und chargenweise polymerisiert. Sie besitzen ein sehr hohes Molekulargewicht und sind folglich steifer und weniger rissanfällig, sodass sie sich einfacher weiterverarbeiten lassen.

PMMA XT – extrudierte Platten werden kontinuierlich mittels Extruder gefertigt, besitzen ein geringeres Molekulargewicht und sind daher flexibler und lassen sich einfacher verformen.

### Einsatz

Bau- und Schutzverglasungen, Geräteabdeckungen, Maschinenschutz, Überdachungen

### Verarbeitung

Gute Zerspanbarkeit (kurzer Span). Hohe Schnittgeschwindigkeiten und ausreichende Kühlung sind erforderlich, da PMMA durch auftretende Reibung überhitzt und dann zu schmieren neigt. Gute Warmverformung, sehr gut verklebbar (siehe Bearbeitungshinweise auf Seite 13/106).

## Werkstoffkennwerte PMMA – Typen

Werkstoffbezeichnung			PMMA GS	PMMA XT
			Gegossene Platte	Extrudierte Platte
Eigenschaften	Norm	Einheit		
Zugfestigkeit	ISO 527 (1)	MPa	75	70
Reißdehnung	ISO 527 (1)	%	4	4
Biegefestigkeit	ISO 178 (2)	MPa	116	107
Biege-E-Modul	ISO 178 (2)	MPa	3210	3030
Schlagzähigkeit nach Charpy	ISO 179 (3)	kJ/m <sup>3</sup>	12	10
Vicat-Erweichungspunkt	ISO 306 (4) Methode A	°C	> 100	> 105
Rockwell-Härte	ISO 2039-2	M-Skala	102	101
Lichtdurchlässigkeit	ASTM D1003	% (5)	> 92	> 92
Brechungsindex	ISO 489/A	–	1,49	–
Wasseraufnahme	ISO 62	%	0,2	0,2
Relative Dichte	ISO 1183	–	1,19	1,19

Hinweis: (1) 5 mm/Minute; (2) 2 mm/Minute; (3) ungekerbt; (4) Methode A; (5) in 3 mm

# PA (Polyamide)

## Eigenschaftsprofil PA allgemein

**Werkstoff Dichte:** PA 6            1,14 g/cm<sup>2</sup>

### Einsatztemperatur

PA 6            -40 °C bis +85/70 °C (5000/20000 Std.)  
je n. Qual. z. B. PA 4.6 (Ertalon® 4.6) -40 °C bis +155/135 °C

Unterschiede der PA Typen sind abhängig von Kristallinität und Wassergehalt. Bei hoher Kristallinität sind Polyamide steif und hart. Durch die Feuchtigkeitsaufnahme sehr zäh.

Haupteigenschaften der Polyamide:

- hohe mechanische Festigkeit, Steifigkeit, Härte und Zähigkeit
- gute Ermüdungsfestigkeit
- hohes mechanische Dämpfungsvermögen
- gute Gleit- und Notlaufeigenschaften
- sehr hoher Verschleißwiderstand
- gute elektrische Isoliereigenschaft
- hohe Beständigkeit gegen energiereiche Strahlung (Gamma und Röntgenstrahlen)
- gute Zerspanbarkeit

Verschleißfestigkeit und Gleiteigenschaften werden durch Modifizierung mit Öl oder Festschmierstoffen verbessert. Erhöhung der Festigkeit und des E-Moduls werden durch die Modifizierung mit Glasfasern erreicht.

### Bemerkung

Durch die Feuchtigkeitsaufnahme von PA müssen diesen Kunststoffen konstruktiv größere Toleranzen zugestanden werden. Bei Gleitanwendungen nie PA gegen PA = Slip Stick Effekt

### Qualitäten

extrudierte Qualitäten:

- PA 6 Farbe natur/schwarz
- PA 66 Farbe natur/schwarz
- Ertalon® 4.6 (Polyamid 4.6) rotbraun
- PA 66 GF 30 schwarz
- Nylatron® GS anthrazit

gegossene Qualitäten:

- PA 6 Guss Farbe natur/schwarz
- PA 6 wärmestabilisiert (Ertalon® XAU) schwarz
- PA 6 Öl (Ertalon® LFX) grün
- Nylatron® 901 blau
- Nylatron® GSM anthrazit
- Nylatron® NSM grau
- Nylatron® LFG (selbstschmierend)  
mit einer lebensmittelrechtlichen Zulassung
- Nylatron® 703 XL (optimale Verschleißfestigkeit – mit höherer dynamischer Belastbarkeit)  
(separate detaillierte Produktbeschreibung anfordern)

### Einsatz

Maschinenbau, Feinwerktechnik wie Lagerbüchsen, Zahnräder, Verschleißteile, Spann- und Förderrollen, Seilrollen, Kettenräder etc.

### Verarbeitung

gute spangebende Bearbeitung möglich (langer Span, siehe Bearbeitungshinweise auf Seite 13/106)

# PA (Polyamide)

## Eigenschaftsprofil PA gegossene Qualitäten

### PA 6 Guss (Polyamid-Guss) gegossene Qualität

**Werkstoff Dichte:** 1,15 g/cm<sup>3</sup>, Farbe natur/schwarz

**Einsatztemperatur**

–30 °C bis +105/90 °C (5000/20000 Std.)

Dieses Material hat ein ähnliches Eigenschaftsbild wie PA 66. Es kombiniert eine hohe mechanische Festigkeit, Steifigkeit und Härte mit einer guten Kriech- und Verschleißfestigkeit, Wärmebeständigkeit und guter Zerspanbarkeit. Das Gussverfahren bietet eine breitere Palette an Abmessungen.

### PA wärmestabilisiert (Ertalon® 6 XAU) gegossene Qualität

**Werkstoff Dichte:** 1,15 g/cm<sup>3</sup>, Farbe schwarz

**Einsatztemperatur**

–30 °C bis +120/105 °C (5000/20000 Std.)

Wärmestabilisiertes PA hat eine höhere Wärmealterungsbeständigkeit, die den Einsatz bei 15 bis 30 °C höheren Dauergebrauchstemperaturen erlaubt. Besonders empfohlen bei Gleitelementen und sonstigen Verschleißteilen, bei denen die Gebrauchstemperaturen oberhalb 60 °C auftreten.

### Polyamid Oel (Ertalon® LFX) gegossene Qualität

**Werkstoff Dichte:** 1,135 g/cm<sup>3</sup>, Farbe grün

**Einsatztemperatur:**

–20 °C bis +105/90 °C (5000/20000 Std.)

Ein intern geschmiertes PA, das besonders für hochbelastete langsam bewegende Trockenlaufgleitelemente entwickelt wurde. Das Material bietet eine extrem niedrige Gleitreibungszahl bei sehr hohem Verschleißwiderstand.

### Nylatron® MC 901 (Polyamid 6) gegossene Qualität

**Werkstoff Dichte:**

1,15 g/cm<sup>3</sup>, Farbe blau

**Einsatztemperatur:**

–30 °C bis +105/90 °C (5000/20000 Std.)

Das Material weist eine höhere Zähigkeit, Flexibilität und Ermüdungsfestigkeit als PA 6 Guss auf. Daher besonders geeignet für Zahnräder, Ritzel, Zahnstangen etc.

### Nylatron® GSM (Polyamid 6 mit MoS2) gegossene Qualität

**Werkstoff Dichte:** 1,16 g/cm<sup>3</sup>, Farbe anthrazit

**Einsatztemperatur**

–30 °C bis +105/90 °C (5000/20000 Std.)

MoS2 Partikel wirken positiv auf das Reibungs- und Verschleißverhalten ohne dabei der hohen Schlag- und Ermüdungsfestigkeit zu schaden. Geeignet für Seilrollen, Gleitelemente, Kettenräder oder Zahnräder.

### Nylatron® NSM (Polyamid 6 mit Festschmierstoff) gegossene Qualität

**Werkstoff Dichte:** 1,15 g/cm<sup>3</sup>, Farbe grau

**Einsatztemperatur**

–30 °C bis +105/90 °C (5000/20000 Std.)

Ein Material mit gleichmäßig eingebettetem Festschmierstoff mit ausgezeichneten Gleiteigenschaften, gepaart mit hervorragender Verschleißfestigkeit bei außerordentlicher dynamischer Tragfähigkeit (PV Grenzwert 5 x höher als bei herkömmlichem Guss PA). Besonders geeignet für höhere Gleitgeschwindigkeiten, trocken laufende Lager und Verschleißteile.

### Nylatron® 703 XL (Polyamid 6 mit Festschmierstoff) gegossene Qualität

**Werkstoff Dichte:** 1,11 g/cm<sup>3</sup>, Farbe blaugrau

**Einsatztemperatur**

–20 °C bis +105/90 °C (5000/20000 Std.)

Ein Material mit hervorragender Verschleißfestigkeit und präziser Bewegungsführung. Keine Stick Slip Anfälligkeit – kleinste Gleitreibungszahl.

### Nylatron® LFG (PA 6 + Öl)

**Werkstoff Dichte:** 1,14 g/cm<sup>3</sup>, Farbe blau

**Einsatztemperatur**

–20 °C bis +105/90 °C (5000/20000 Std.)

Nylatron® LFG (Lubricated Food Grade) ist im wahrsten Sinne des Wortes selbstschmierend und hat eine lebensmittelrechtliche Zusammensetzung. Dieses Material wurde besonders für hochbelastete, langsam bewegende Trockenlaufgleitelemente im Lebensmittelbereich entwickelt. Im Vergleich mit den herkömmlichen Gusspolyamidtypen bringt Nylatron® LFG geringere Instandhaltungskosten und längere Lebensdauer.

# PA (Polyamide)

## Eigenschaftsprofil PA extrudierte Qualitäten

### PA 6 (Polyamid) extrudierte Qualität

**Werkstoff Dichte:** 1,14 g/cm<sup>3</sup>, Farbe natur/schwarz

#### Einsatztemperatur

–40 °C bis +85/70 °C (5 000/20 000 Std.)

Dieses Material bietet eine optimale Kombination von mechanischer Festigkeit, Steifigkeit, Zähigkeit und mechanischer Dämpfung, verbunden mit einem sehr guten Verschleißwiderstand, guten elektrischen Isoliereigenschaften und einer guten chemischen Beständigkeit. Daher ist PA 6 als ein „universelles“ Material für Konstruktion und Instandhaltung zu betrachten.

### PA 66 (Polyamid) extrudierte Qualität

**Werkstoff Dichte:** 1,14 g/cm<sup>3</sup>, Farbe natur/schwarz

#### Einsatztemperatur

–30 °C bis +95/80 °C (5 000/20 000 Std.)

Werkstoff mit höherer Festigkeit, Steifigkeit, Temperaturbeständigkeit und Verschleißfestigkeit als PA 6, sowie besserer Kriechfestigkeit.

PA 66 hat jedoch eine niedrigere Schlagzähigkeit und mechanische Dämpfung.

### Ertalon® 4.6 (Polyamid 4.6) extrudierte Qualität

**Werkstoff Dichte:** 1,18 g/cm<sup>3</sup>, Farbe rotbraun

#### Einsatztemperatur

–40 °C bis +155/135 °C (5 000/20 000 Std.)

Im Vergleich zu den üblichen PA-Typen verfügt Ertalon® 4.6 über eine bessere Beibehaltung der Steifigkeit und Kriechfestigkeit in einem weiten Temperaturbereich inkl. einer höheren Wärmealterungsbeständigkeit.

Die Anwendungen für diesen Werkstoff liegen vor allem im Temperaturbereich von 80 °C bis 150 °C, wo die Eigenschaften von PA6/PA 66/POM/PET nicht mehr ausreichen.

### PA 66 – GF 30 (Polyamid 6.6 30% Glas verstärkt) extrudierte Qualität

**Werkstoff Dichte:** 1,29 g/cm<sup>3</sup>, Farbe schwarz

#### Einsatztemperatur

–20 °C bis +120/110 °C (5 000/20 000 Std.)

PA66 mit 30% Glasfaser verstärkt weist unter Beibehaltung eines sehr hohen Verschleißwiderstandes eine höhere Festigkeit, Steifigkeit, Kriechfestigkeit und Dimensionsstabilität als unverstärktes PA 66 auf. Einsatz bei höheren oberen Gebrauchstemperaturen möglich.

### Nylatron® GS (Polyamid 6.6 mit MoS 2) extrudierte Qualität

**Werkstoff Dichte:** 1,15 g/cm<sup>3</sup>, Farbe anthrazit

#### Einsatztemperatur

–20 °C bis +95/80 °C (5 000/20 000 Std.)

Material mit etwas höherer Steifigkeit, Härte und Dimensionsstabilität als PA 66, wobei die Schlagzähigkeit ein wenig nachlässt. Modifizierung mit MoS2 erwirkt eine Verbesserung des Reibungs- und Verschleißverhaltens.



## PA

## Werkstoffkennwerte PA – Typen

Eigenschaften	Prüf- methoden ISO/(IEC)	Ein- heiten	PA 6 ERTALON® 6 SA	PA 66 ERTALON® 66 SA	PA 4.6 ERTALON® 4.6	PA 66-GF30 ERTALON® 66-GF30
Farbe	–	–	natur (weiß)/ schwarz	natur (creme)/ schwarz	rotbraun	schwarz
Dichte	1183	g/cm <sup>3</sup>	1,14	1,14	1,18	1,29
Wasseraufnahme						
• nach 24/96 h Lagerung im Wasser von 23 °C	62	mg	86/168	40/76	90/180	30/56
	62	%	1,28/2,50	0,60/1,13	1,30/2,60	0,39/0,74
• bei Sättigung im Normalklima 23 °C/50 % RH	–	%	2,6	2,4	2,8	1,7
• bei Sättigung im Wasser von 23 °C	–	%	9	8	9,5	5,5
<b>Thermische Eigenschaften (2)</b>						
Schmelztemperatur	–	%	220	255	295	255
Wärmeleitfähigkeit bei 23 °C	–	W/(K·m)	0,88	0,88	0,30	0,30
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient:						
• mittlerer Wert zwischen 23 und 60 °C	–	m(m·K)	90 · 10 <sup>-6</sup>	80 · 10 <sup>-6</sup>	80 · 10 <sup>-6</sup>	50 · 10 <sup>-6</sup>
• mittlerer Wert zwischen 23 und 100 °C	–	m(m·K)	105 · 10 <sup>-6</sup>	95 · 10 <sup>-6</sup>	90 · 10 <sup>-6</sup>	60 · 10 <sup>-6</sup>
Wärmeformbeständigkeitstemperatur:						
• Methode A: 1,8 MPa	+ 75	°C	70	85	160	150
Obere Gebrauchstemperaturgrenze in Luft:						
• kurzzeitig (3)	–	°C	160	180	200	240
• dauernd: während 5000/20000 h (4)	–	°C	85/70	95/80	150/130	150/130
Untere Gebrauchstemperatur (5)			–40	–30	–40	–20
Brennverhalten (6)						
• „Sauerstoff-Index“	4589	%	25	26	24	–
• nach UL 94 (Dicke 3/6 mm)	–	–	HB, HB	HB/V-2	HB, HB	HB, HB
<b>Mechanische Eigenschaften bei 23 °C</b>						
Zugversuch (8):						
• Streckspannung (9)	+ 527	MPa	76	90	100	100
	++ 527	MPa	45	55	55	75
• Bruchdehnung (9)	+ 527	%	> 50	>40	25	5
	++ 527	%	> 100	>100	> 100	12
• Zug-Elastizitätsmodul (10)	+ 527	MPa	3250	3450	3300	5900
	++ 527	MPa	1400	1650	1300	3200
Druckversuch (11):						
• Druckspannung bei 1/2/5 % nomineller Stauchung (10)	+ 604	MPa	24/46/80	25/49/92	23/45/94	28/55/90
Zeitstand-Zugversuch (8):						
• Spannung, die nach 1000 h zu einer Dehnung von 1 % führt	+ 899	MPa	18	20	22	26
• ( $\sigma_{1/1000}$ )	++ 899	MPa	7	8	7,5	18
Charpy Schlagzähigkeit (12)	+ 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	ohne Bruch	ohne Bruch	ohne Bruch	≥ 50
Charpy Kerbschlagzähigkeit	+ 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	5,5	4,5	8	6
Izod Kerbschlagzähigkeit	+ 180/2A	kJ/m <sup>2</sup>	5,5	4,5	8	6
	++ 180/2A	kJ/m <sup>2</sup>	15	11	25	11
Kugeldruckhärte (13)	+ 2039-1	N/mm <sup>2</sup>	150	160	165	165
Rockwellhärte (13)	+ 2039-2	–	M 85	M 88	M 92	M 76
<b>Elektrische Eigenschaften bei 23 °C</b>						
Durchschlagfestigkeit (14)	+ (60243)	kV/mm	25	27	25	30
	++ (60243)	kV/mm	16	18	15	20
Spezifischer Durchgangswiderstand	+ (60093)	$\Omega \cdot \text{cm}$	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>
	++ (60093)	$\Omega \cdot \text{cm}$	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>13</sup>
Spezifischer Oberflächenwiderstand	+ (60093)	$\Omega$	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>11</sup>
	++ (60093)	$\Omega$	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>
Dielektrizitätszahl $\epsilon_r$ :						
• bei 100 Hz	++ (60250)	–	3,9	3,8	3,8	3,9
	++ (60250)	–	7,4	7,4	7,4	6,9
• bei 1 MHz	+ (60250)	–	3,3	3,3	3,4	3,6
	++ (60250)	–	3,8	3,8	3,8	3,9
Dielektrischer Verlustfaktor $\tan \delta$ :						
• bei 100 Hz	++ (60250)	–	0,019	0,013	0,009	0,012
	++ (60250)	–	0,13	0,13	0,13	0,19
• bei 1 MHz	+ (60250)	–	0,021	0,020	0,019	0,014
	++ (60250)	–	0,06	0,06	0,06	0,04
Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI)	+ (60112)	–	600	600	400	475
	++ (60112)	–	600	600	400	475

+ Werte für trockenes Material; ++ Werte für bis zur Sättigung im Normalklima 23 °C/50 % RH gelagertes Material (größtenteils der Literatur entnommen)

Anmerkung: 1 g/cm<sup>3</sup> = 1000 kg/m<sup>3</sup>; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>; 1 kV/mm = 1 MV/m

Für ERATLON® 6 SA, ERATLON® 66 SA, ERATLON® 4.6 und ERATLON® 66-GF-30 gibt es keine „gelbe UL-Karte“.

Fortsetzung ▶

## PA

## Werkstoffkennwerte PA – Typen

Eigenschaften	Prüf- methoden ISO/(IEC)	Ein- heiten	PA 6 + Öl ERTALON® LFX	PA 6 ERTALON® 6 XAU+	PA 6 ERTALON® 6 PLA	PA 6 + Öl NYLATRON® LFG
Farbe	–	–	grün	schwarz	natur (elfen- bein/schwarz	natur (elfen- bein) oder blau (RAL 5002)
Dichte	1183	g/cm <sup>3</sup>	1,135	1,15	1,15	1,135
Wasseraufnahme						
• nach 24/96 h Lagerung im Wasser von 23 °C	62	mg	44/83	47/89	44/83	44/83
	62	%	0,66/1,24	0,69/1,31	0,65/1,22	0,66/1,24
• bei Sättigung im Normalklima 23 °C/50 % RH	–	%	2	2,2	2,2	2
• bei Sättigung im Wasser von 23 °C	–	%	6,3	6,5	6,5	6,3
<b>Thermische Eigenschaften (2)</b>						
Schmelztemperatur	–	%	220	220	220	220
Wärmeleitfähigkeit bei 23 °C	–	W/(K·m)	0,28	0,29	0,29	0,28
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient:						
• mittlerer Wert zwischen 23 und 60 °C	–	m(m·K)	80 · 10 <sup>-6</sup>	80 · 10 <sup>-6</sup>	80 · 10 <sup>-6</sup>	80 · 10 <sup>-6</sup>
• mittlerer Wert zwischen 23 und 100 °C	–	m(m·K)	90 · 10 <sup>-6</sup>	90 · 10 <sup>-6</sup>	90 · 10 <sup>-6</sup>	90 · 10 <sup>-6</sup>
Wärmeformbeständigkeitstemperatur:						
• Methode A: 1,8 MPa	+ 75	°C	75	80	80	75
Obere Gebrauchstemperaturgrenze in Luft:						
• kurzzeitig (3)	–	°C	165	180	170	165
• dauernd: während 5000/20000 h (4)	–	°C	105/90	120/105	105/90	105/90
Untere Gebrauchstemperatur (5)			–20	–30	–30	–20
Brennverhalten (6)						
• „Sauerstoff-Index“	4589	%	–	25	25	–
• nach UL 94 (Dicke 3/6 mm)	–	–	HB, HB	HB/HB	HB, HB	HB, HB
<b>Mechanische Eigenschaften bei 23 °C</b>						
Zugversuch (8):						
• Streckspannung (9)	+ 527	MPa	70	83	85	70
	++ 527	MPa	45	55	55	45
• Bruchdehnung (9)	+ 527	%	25	25	25	25
	++ 527	%	> 50	> 50	> 50	> 50
• Zug-Elastizitätsmodul (10)	+ 527	MPa	3000	3400	3500	3000
	++ 527	MPa	1450	1650	1700	1450
Druckversuch (11):						
• Druckspannung bei 1/2/5 % nomineller Stauchung (10)	+ 604	MPa	22/43/79	26/51/92	26/51/92	22/43/79
Zeitstand-Zugversuch (8):						
• Spannung, die nach 1000 h zu einer Dehnung von 1 % führt	+ 899	MPa	18	22	22	18
• ( $\sigma_{1/1000}$ )	++ 899	MPa	8	10	10	8
Charpy Schlagzähigkeit (12)	+ 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	≥ 50	ohne Bruch	ohne Bruch	≥ 50
Charpy Kerbschlagzähigkeit	+ 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	4	3,5	3,5	4
Izod Kerbschlagzähigkeit	+ 180/2A	kJ/m <sup>2</sup>	4	3,5	3,5	4
	++ 180/2A	kJ/m <sup>2</sup>	7	7	7	7
Kugeldruckhärte (13)	+ 2039-1	N/mm <sup>2</sup>	145	165	165	145
Rockwellhärte (13)	+ 2039-2	–	M 82	M 87	M 88	M 82
<b>Elektrische Eigenschaften bei 23 °C</b>						
Durchschlagfestigkeit (14)	+ (60243)	kV/mm	22	29	25	22
	++ (60243)	kV/mm	14	19	17	14
Spezifischer Durchgangswiderstand	+ (60093)	Ω · cm	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>
	++ (60093)	Ω · cm	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>
Spezifischer Oberflächenwiderstand	+ (60093)	Ω	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>
	++ (60093)	Ω	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>
Dielektrizitätszahl $\epsilon_r$ :						
• bei 100 Hz	+ (60250)	–	3,5	3,6	3,6	3,5
	++ (60250)	–	6,5	6,6	6,6	6,5
• bei 1 MHz	+ (60250)	–	3,1	3,2	3,2	3,1
	++ (60250)	–	3,6	3,7	3,7	3,6
Dielektrischer Verlustfaktor tan $\delta$ :						
• bei 100 Hz	+ (60250)	–	0,015	0,015	0,012	0,015
	++ (60250)	–	0,15	0,15	0,14	0,15
• bei 1 MHz	+ (60250)	–	0,016	0,017	0,016	0,016
	++ (60250)	–	0,05	0,05	0,05	0,05
Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI)	+ (60112)	–	600	600	600	600
	++ (60112)	–	600	600	600	600

+ Werte für trockenes Material; ++ Werte für bis zur Sättigung im Normalklima 23 °C/50 % RF gelagertes Material (größtenteils der Literatur entnommen)

Anmerkung: 1 g/cm<sup>3</sup> = 1000 kg/m<sup>3</sup>; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>; 1 kV/mm = 1 MV/m

Für ERATLON® LFX, ERATLON® 6 XAU+, ERATLON® 6 PLA und NYLATRON® LFG gibt es keine „gelbe UL-Karte“.

Fortsetzung ▶

## PA

## Fortsetzung: Werkstoffkennwerte PA – Typen

Eigenschaften	Prüf- methoden ISO/(IEC)	Ein- heiten	PA 6 NYLATRON® MC 901	PA 6 + MOS <sub>2</sub> NYLATRON® GSM	PA 6 + F* NYLATRON® NSM	PA 66 + MOS <sub>2</sub> NYLATRON® GS
Farbe	–	–	blau	anthrazit	grau	anthrazit
Dichte	1183	g/cm <sup>3</sup>	1,15	1,16	1,14	1,15
Wasseraufnahme						
• nach 24/96 h Lagerung im Wasser von 23 °C	62	mg	49/93	52/98	40/76	46/85
	62	%	0,72/1,37	0,76/1,43	0,59/1,12	0,68/1,25
• bei Sättigung im Normklima 23 °C/50 % RH	–	%	2,3	2,4	2	2,3
• bei Sättigung im Wasser von 23 °C	–	%	6,6	6,7	6,3	7,8
<b>Thermische Eigenschaften (2)</b>						
Schmelztemperatur	–	%	220	220	220	255
Wärmeleitfähigkeit bei 23 °C	–	W/(K · m)	0,29	0,30	0,29	0,29
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient:						
• mittlerer Wert zwischen 23 und 60 °C	–	m(m · K)	80 · 10 <sup>-6</sup>	80 · 10 <sup>-6</sup>	80 · 10 <sup>-6</sup>	80 · 10 <sup>-6</sup>
• mittlerer Wert zwischen 23 und 100 °C	–	m(m · K)	90 · 10 <sup>-6</sup>	90 · 10 <sup>-6</sup>	95 · 10 <sup>-6</sup>	90 · 10 <sup>-6</sup>
Wärmeformbeständigkeitstemperatur:						
• Methode A: 1,8 MPa	+ 75	°C	80	80	75	85
Obere Gebrauchstemperaturgrenze in Luft:						
• kurzzeitig (3)	–	°C	170	170	165	180
• dauernd: während 5000/20000 h (4)	–	°C	105/90	105/90	105/90	95/80
Untere Gebrauchstemperatur (5)			–30	–30	–30	–20
Brennverhalten (6)						
• „Sauerstoff-Index“	4589	%	25	25	–	26
• nach UL 94 (Dicke 3/6 mm)	–	–	HB, HB	HB/HB	HB, HB	HB, HB
<b>Mechanische Eigenschaften bei 23 °C</b>						
Zugversuch (8):						
• Streckspannung (9)	+ 527	MPa	81	78	76	92
	++ 527	MPa	50	50	50	55
• Bruchdehnung (9)	+ 527	%	35	25	25	20
	++ 527	%	> 50	> 50	> 50	> 50
• Zug-Elastizitätsmodul (10)	+ 527	MPa	3200	3300	3100	3500
	++ 527	MPa	1550	1600	1500	1675
Druckversuch (11):						
• Druckspannung bei 1/2/5 % nomineller Stauchung (10)	+ 604	MPa	24/47/86	25/49/88	23/44/81	25/49/92
Zeitstand-Zugversuch (8):						
• Spannung, die nach 1000 h zu einer Dehnung von 1% führt	+ 899	MPa	21	21	18	21
• (σ <sub>1/1000</sub> )	++ 899	MPa	9	9	8	9
Charpy Schlagzähigkeit (12)	+ 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	ohne Bruch	ohne Bruch	≥ 100	ohne Bruch
Charpy Kerbschlagzähigkeit	+ 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	3,5	3,5	4	4
Izod Kerbschlagzähigkeit	+ 180/2A	kJ/m <sup>2</sup>	3,5	3,5	4	4
	++ 180/2A	kJ/m <sup>2</sup>	7	7	7	9
Kugeldruckhärte (13)	+ 2039-1	N/mm <sup>2</sup>	160	160	150	165
Rockwellhärte (13)	+ 2039-2	–	M 85	M 84	M 81	M 88
<b>Elektrische Eigenschaften bei 23 °C</b>						
Durchschlagfestigkeit (14)	+ (60243)	kV/mm	25	24	25	26
	++ (60243)	kV/mm	17	16	17	17
Spezifischer Durchgangswiderstand	+ (60093)	Ω · cm	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>
	++ (60093)	Ω · cm	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>
Spezifischer Oberflächenwiderstand	+ (60093)	Ω	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>
	++ (60093)	Ω	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>
Dielektrizitätszahl ε <sub>r</sub> :						
• bei 100 Hz	+ (60250)	–	3,6	3,6	3,6	3,8
	++ (60250)	–	6,6	6,6	6,6	7,4
• bei 1 MHz	+ (60250)	–	3,2	3,2	3,2	3,3
	++ (60250)	–	3,7	3,7	3,7	3,8
Dielektrischer Verlustfaktor tan δ:						
• bei 100 Hz	+ (60250)	–	0,012	0,012	0,012	0,013
	++ (60250)	–	0,14	0,14	0,14	0,13
• bei 1 MHz	+ (60250)	–	0,016	0,016	0,016	0,020
	++ (60250)	–	0,05	0,05	0,05	0,06
Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI)	+ (60112)	–	600	600	600	600
	++ (60112)	–	600	600	600	600

+ Werte für trockenes Material; ++ Werte für bis zur Sättigung im Normklima 23 °C/50 % RF gelagertes Material (größtenteils der Literatur entnommen)

Anmerkung: 1 g/cm<sup>3</sup> = 1000 kg/m<sup>3</sup>; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>; 1 kV/mm = 1 MV/m

Für NYLATRON® MC 901, NYLATRON® GSM, NYLATRON® NSM und NYLATRON® GS gibt es keine „gelbe UL-Karte“.

\*F = Festschmierstoff

# POM (Polyoxymethylen)

## Eigenschaftsprofil POM

**Werkstoff Dichte:** 1,41 g/cm<sup>3</sup>

### Einsatztemperatur

-50 °C bis +115/100 °C (5000/20000 Std.)

Das günstige Eigenschaftsbild von POM prädestiniert dieses Material für viele Einsatzzwecke.

Haupteigenschaften von POM:

- hohe mechanische Festigkeit, Steifigkeit und Härte
- sehr hohes Rückstellvermögen
- gute Kriechfestigkeit
- hohe Schlagzähigkeit auch bei niedrigen Temperaturen
- geringe Wasseraufnahme, daher sehr hohe Dimensionsstabilität
- gute elektrische Isoliereigenschaften und günstiges dielektrisches Verhalten
- gute Gleiteigenschaften und Verschleißfestigkeit
- hervorragende Zerspanbarkeit (kurzer Span)
- die meisten POM Materialien sind für den Kontakt mit Lebensmitteln geeignet

### Bemerkung

Durch die geringe Feuchtigkeitsaufnahme von POM ist dieser Werkstoff bei maßhaltigen Teilen geeigneter als PA.

### Qualitäten

POM C (Copolymer) Farbe natur/schwarz

POM C weist gegenüber POM H (Homopolymer) eine bessere Beständigkeit gegen Hydrolyse, starke Laugen und thermisch oxidativen Abbau auf (Lagerware).

POM H hat dagegen eine höhere Zugfestigkeit, Steifigkeit, Härte und Kriechfestigkeit. Eine niedrige thermische Ausdehnungsquote und einen besseren Verschleißwiderstand.

POM H + PTFE – durch Modifikation mit PTFE Fasern weist dieser Werkstoff bessere Gleiteigenschaften auf (niedriger Gleitreibungskoeffizient und gute Abriebfestigkeit gegenüber POM C und POM H).

### Einsatz

Maschinenbau, Feinwerktechnik wie Zahnräder mit kleinem Modul, hochbelastete Gleitelemente und Laufrollen, maßhaltige Präzisionsteile.

Teile mit Dauerkontakt mit Wasser von 60 – 80 °C.  
Teile, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen.

### Verarbeitung

Hervorragende Zerspanbarkeit (kurzer Span)  
(siehe Bearbeitungshinweise auf Seite 13/106)

# POM

## Werkstoffkennwerte POM – Typen

Eigenschaften	Prüf- methoden ISO/(IEC)	Ein- heiten	POM-C ERTACETAL® C	POM-H ERTACETAL® H	POM-H + PTFE ERTACETAL® H-TF
Farbe	–	–	natur (weiß)/ schwarz	natur (weiß)/ schwarz	dunkelbraun
Dichte	1183	g/cm <sup>3</sup>	1,41	1,43	1,50
Wasseraufnahme					
• nach 24/96 h Lagerung im Wasser von 23 °C	62	mg	20/37	18/36	16/32
	62	%	0,24/0,45	0,21/0,43	0,18/0,36
• bei Sättigung im Normalklima 23 °C/50 % RH	–	%	0,20	0,20	0,17
• bei Sättigung im Wasser von 23 °C	–	%	0,85	0,85	0,72
<b>Thermische Eigenschaften (2)</b>					
Schmelztemperatur	–	%	165	175	175
Wärmeleitfähigkeit bei 23 °C	–	W/(K·m)	0,31	0,31	0,31
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient:					
• mittlerer Wert zwischen 23 und 60 °C	–	m(m·K)	110 · 10 <sup>-6</sup>	95 · 10 <sup>-6</sup>	105 · 10 <sup>-6</sup>
• mittlerer Wert zwischen 23 und 100 °C	–	m(m·K)	125 · 10 <sup>-6</sup>	110 · 10 <sup>-6</sup>	120 · 10 <sup>-6</sup>
Wärmeformbeständigkeitstemperatur:					
• Methode A: 1,8 MPa	+ 75	°C	105	115	105
Obere Gebrauchstemperaturgrenze in Luft:					
• kurzzeitig (3)	–	°C	140	150	150
• dauernd: während 5000/20000 h (4)	–	°C	115/100	105/90	105/90
Untere Gebrauchstemperatur (5)			–50	–50	–20
Brennverhalten (6)					
• „Sauerstoff-Index“	4589	%	15	15	–
• nach UL 94 (Dicke 3/6 mm)	–	–	HB, HB	HB, HB	HB, HB
<b>Mechanische Eigenschaften bei 23 °C</b>					
Zugversuch (8):					
• Streckspannung (9)	+ 527	MPa	68	78	85
	++ 527	MPa	68	78	55
• Bruchdehnung (9)	+ 527	%	35	35	10
	++ 527	%	35	35	10
• Zug-Elastizitätsmodul (10)	+ 527	MPa	3100	3600	3200
	++ 527	MPa	3100	3600	3200
Druckversuch (11):					
• Druckspannung bei 1/2/5 % nomineller Stauchung (10)	+ 604	MPa	19/35/37	22/40/75	20/37/69
Zeitstand-Zugversuch (8):					
• Spannung, die nach 1000 h zu einer Dehnung von 1 % führt	+ 899	MPa	13	15	13
• (σ <sub>1/1000</sub> )	++ 899	MPa	13	15	13
Charpy Schlagzähigkeit (12)	+ 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	≥ 150	≥ 200	≥ 30
Charpy Kerbschlagzähigkeit	+ 179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	7	10	3
Izod Kerbschlagzähigkeit	+ 180/2A	kJ/m <sup>2</sup>	7	10	3
	++ 180/2A	kJ/m <sup>2</sup>	7	10	3
Kugeldruckhärte (13)	+ 2039-1	N/mm <sup>2</sup>	140	160	140
Rockwellhärte (13)	+ 2039-2	–	M 84	M 88	M 84
<b>Elektrische Eigenschaften bei 23 °C</b>					
Durchschlagfestigkeit (14)	+ (60243)	kV/mm	20	20	20
	++ (60243)	kV/mm	20	20	20
Spezifischer Durchgangswiderstand	+ (60093)	Ω · cm	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>
	++ (60093)	Ω · cm	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>
Spezifischer Oberflächenwiderstand	+ (60093)	Ω	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>
	++ (60093)	Ω	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>
Dielektrizitätszahl ε <sub>r</sub> :					
• bei 100 Hz	+ (60250)	–	3,8	3,8	3,6
	++ (60250)	–	3,8	3,8	3,6
• bei 1 MHz	+ (60250)	–	3,8	3,8	3,6
	++ (60250)	–	3,8	3,8	3,6
Dielektrischer Verlustfaktor tan δ:					
• bei 100 Hz	+ (60250)	–	0,003	0,003	0,003
	++ (60250)	–	0,003	0,003	0,003
• bei 1 MHz	+ (60250)	–	0,008	0,008	0,008
	++ (60250)	–	0,008	0,008	0,008
Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI)	+ (60112)	–	600	600	600
	++ (60112)	–	600	600	600

Anmerkung: 1 g/cm<sup>3</sup> = 1000 kg/m<sup>3</sup>; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>; 1 kV/mm = 1 MV/m

Für ERTACETAL® C, ERTACETAL® H und ERTACETAL® H-TF gibt es keine „gelbe UL-Karte“.

# PC-1000 (Polycarbonat) – Industriequalität

## Eigenschaftsprofil PC-1000

**Werkstoff Dichte:** 1,20 g/ cm<sup>3</sup>

### Einsatztemperatur

-60 °C bis +125/115 °C (5000/20000 Std.)

Im Gegensatz zu den optisch schlagzähen „glasklaren“ Polycarbonatplatten (Einsatz Industrieverglasungen etc.) handelt es sich hier um eine PC Industriequalität mit denselben spezifischen Haupteigenschaften von PC:

- hohe mechanische Festigkeit
- gute Kriechfestigkeit
- sehr hohe Schlagzähigkeit, auch bei niedrigen Temperaturen
- Beibehaltung der Steifigkeit in einem weiten Temperaturbereich
- sehr hohe Dimensionstabilität (durch sehr geringe Wasseraufnahme und niedrige thermische Längenausdehnungszahl)
- gute elektrische Isoliereigenschaften und günstiges dielektrisches Verhalten
- gute Zerspanbarkeit (kurzer Span)
- physiologisch unbedenklich (geeignet für den Kontakt mit Lebensmitteln)

### Bemerkung

PC Halbzeuge sind nicht UV-stabilisiert, es handelt sich bei dieser Qualität um eine nicht „optische PC Industriequalität“.

Achtung: PC ist spannungsrissempfindlich. Der Einsatz von Emulsionen, Schneidölen und Reinigungsmitteln, die Lösungsmittel enthalten, kann zu Spannungsrissen führen.



### Qualitäten

PC (Industriequalität) natur – farblos durchscheinend

### Einsatz

Präzisionsteile für die Feinwerktechnik und für die Elektroindustrie. Produkte für die medizinische und pharmazeutische Industrie, sowie Teile, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen können.

### Verarbeitung

gute Zerspanbarkeit (kurzer Span)  
(siehe Bearbeitungshinweise auf Seite 13/106)

# PC – Makrolon®

## Technische Daten PC (Polycarbonat) Makrolon® GP

**Makrolon® GP clear 099** ist eine klare transparente Platte mit hoher Lichtdurchlässigkeit.

**Makrolon® UV clear 2099** ist eine klare transparente Platte mit UV-Schutz.

**Makrolon® NR clear 099** ist eine transparente Platte mit einer matten Antireflex-Beschichtung sowie einseitig verbessertem UV-Schutz.

**Makrolon® GP white 130** und **white 150** sind weiße transluzente Platten mit guter Lichtstreuung.

**Makrolon® GP umbra 775** sind bräunlich durchscheinende Platten.

**Makrolon® FR clear 099** ist eine farblose transparente Platte mit einer verbesserten Brandschutzklassifizierung, geprüft nach UL94.

**Makrolon® FG clear 099** ist eine farblose transparente Platte für den Einsatz im Lebensmittelbereich und medizinischen Bereich.

### Anwendungen

Makrolon® GP Platten eignen sich hervorragend für Maschinenschutz, Leuchtenabdeckungen, Schilder und Plakattafeln sowie Wandtrennelemente und Türverglasungen.

Die Platten sind extrem schlagzäh und bieten einen hervorragenden Schutz vor mutwilliger Zerstörung. Makrolon® GP Platten sind warm umformbar, können kalt eingebogen werden und sind leicht zu verarbeiten.



### Vorteile

- extreme Schlagzähigkeit
- breiter Temperaturbeständigkeitsbereich
- gute Brandschutzklassifizierung

**Makrolon® GP** sind klare, polierte, UV-stabilisierte Polycarbonatplatten. Sie bieten extreme Schlagfestigkeit, die über die physikalischen Eigenschaften ihrer Klasse hinausgehen. Die Makrolon® Massivplatten sind in einem Bereich von  $-100\text{ °C}$  bis  $+120\text{ °C}$  temperaturbeständig, optisch sehr klar und haben eine gute Brandschutzklassifizierung.

## Werkstoffkennwerte PC Makrolon®

Eigenschaften	Prüfbedingungen	Richtwerte	Einheit	Testmethode
<b>Physikalisch</b>				
Dichte		1,2	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183-1
Feuchtigkeitsaufnahme	nach Lagerung in Normklima 23 °C/50 % r. F.	0,15	%	ISO 62-4
	nach Lagerung in Wasser bei 23 °C bis zur Sättigung	0,35	%	ISO 62-1
Brechungsindex	20 °C	1,586	–	ISO 489
<b>Mechanisch</b>				
Streckspannung		> 60	MPa	ISO 527-2/1B/50
Dehnung bei Streckspannung		6	%	ISO 527-2/1B/50
Zugfestigkeit		> 60	MPa	ISO 527-2/1B/50
Reißdehnung		> 70	%	ISO 527-2/1B/50
Elastizitätsmodul		2400	MPa	ISO 527-2/1B/1
Grenzbiegespannung		ca. 90	MPa	ISO 178
Schlagzähigkeit	Charpy ohne Kerbe	ohne Bruch	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1fU
	Charpy gekerbt	ca. 11	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 179/1eA
	Izod gekerbt	ca. 10	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 180/1A
	Izod gekerbt <sup>1)</sup>	ca. 70	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 180/4A
<b>Thermisch</b>				
Vicat-Erweichungstemperatur	Verfahren B50	148	°C	ISO 306
Wärmeleitfähigkeit		0,2	W/m K	DIN 52612
Lin. therm. Ausdehnungskoeffizient		0,065	mm/m°C	DIN 53752-A
Wärmeformbeständigkeit	Verfahren A: 1,80 MPa	127	°C	ISO 75-2
	Verfahren B: 0,45 MPa	139	°C	ISO 75-2
<b>Elektrisch</b>				
Durchschlagfestigkeit		35	kV/mm	IEC 60243-1
Spezifischer Durchgangswiderstand		10 <sup>16</sup>	Ohm · cm	IEC 60093
Oberflächenwiderstand		10 <sup>14</sup>	Ohm	IEC 60093
Dielektrizitätszahl	bei 10 <sup>3</sup> Hz	3,1		IEC 60250
	bei 10 <sup>6</sup> Hz	3		IEC 60250
Dielektrischer Verlustfaktor	bei 10 <sup>3</sup> Hz	0,0005		IEC 60250
	bei 10 <sup>6</sup> Hz	0,009		IEC 60250

Die mechanischen Eigenschaften wurden am Plattenmaterial, Dicke 4 mm bzw. 3 mm<sup>1)</sup>, ermittelt.

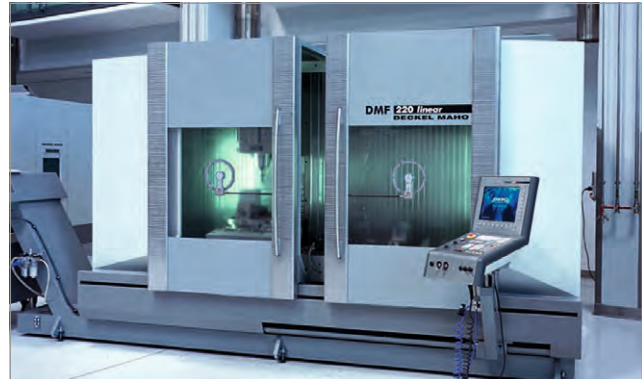
# PC – Makrolon® GP

## Produktbeschreibung PC (Polycarbonat) Makrolon®

### Lichtdurchlässigkeit

Testmethode nach DIN 5036

Die angegebenen Dicken sind nicht alle standardmäßig erhältlich. Bitte fragen Sie für nähere Informationen an. Die angegebenen Werte sind Richtwerte.



Plattenstärke	0,75	1	1,5	2	3	4	5	6	8	10	12	15
Lichtdurchlässigkeit in %												
Makrolon® GP clear 099	90	90	89	89	88	87	87	86	85	83	82	80
Makrolon® UV clear 2099				88	87	87	86	85	84	82	81	79
Makrolon® NR clear 099		83	83	82	82	80						
Makrolon® GP white 130				40	30	23	18	13				
Makrolon® GP white 150				60	50	40	33	28	20			
Makrolon® GP umbra 775						75	69	65	62	53		
Makrolon® FR clear 099					88	86	85	84				

### Verfügbare Abmessungen

Makrolon® ist in den Dicken 0,75 – 15 mm und in den folgenden Maßen erhältlich, andere Maße, Farben und Plattenstärken sind anzufragen.

### Dauergebrauchstemperatur

Die Dauergebrauchstemperatur liegt bei ca. 120 °C.

### Farben

Makrolon® GP clear 099  
 Makrolon® UV clear 2099  
 Makrolon® NR clear 099  
 Makrolon® GP white 130  
 Makrolon® FR clear 099  
 Makrolon® GP white 150  
 Makrolon® FG clear 099  
 Makrolon® GP umbra 775

### Brandschutzklassifizierung (\*)

Sauerstoffindex (LOI) 28% ISO 4589-2, Methode A.

Land	Standard	Klassifizierung	Dicke	Farbe
Deutschland	DIN 4102	B1 (Innenbereich)	1 – 6 mm	clear 099
		brennend abtropfend	2 – 3 mm	white 150
		B2	≥ 0,75 mm	alle Farben
Frankreich	NFP 92-501 & 505	M1	0,75 mm	clear 099
		M2	1 – 15 mm	clear 099
		M2	2 – 12 mm	white 130
	NFP 16-101 & 102	F1	0,75 – 15 mm	clear 099
		F1	3 – 12 mm	white 130
USA	UL 94	V0	≥ 2 mm	FR clear 099 (Rohstoff)

### Glühdrahttest, IEC 60695-2-12, in °C (\*)

Plattenstärke	0,75	1	1,5	2	3	4	5	6	12
Lichtdurchlässigkeit in %									
Makrolon® GP clear 099	850	850	800	800	850	960		960	960
Makrolon® NR white 130				900	960	960			
Makrolon® GP white 150				960	960				

(\*) Brandschutzzertifikate sind in ihrer Gültigkeit zeitlich begrenzt. Bitte überprüfen Sie jedes Dokument auf seine Gültigkeit.



# Ketron® PEEK (Polyetheretherketon)

## Eigenschaftsprofil Ketron® PEEK

**Werkstoff Dichte:** 1,31 g/cm<sup>3</sup>

### Einsatztemperatur

+250/310 °C (20000 Std./kurzzeitig)

kurzzeitig = nur einige Stunden wobei, keine oder nur geringe Belastungen auftreten dürfen

Dieser teilkristalline Hochleistungskunststoff weist eine einzigartige Kombination aus sehr guten mechanischen Eigenschaften, hoher Temperaturbeständigkeit und ausgezeichneter chemischer Beständigkeit auf.

### Haupteigenschaften von Ketron® PEEK

- obere Gebrauchstemperaturgrenze in Luft dauernd 250 °C, kurzfristig Spitzen bis von 310 °C
- hohe mechanische Festigkeit, Steifigkeit und Kriechfestigkeit über einen weiten Temperaturbereich
- ausgezeichnete chemische und Hydrolysenbeständigkeit
- ausgezeichnete Verschleißfestigkeit und gute Gleiteigenschaften (besonders Ketron® PEEK-HPV und PEEK-CA 30)
- sehr hohe Dimensionsstabilität
- hervorragende UV-Beständigkeit
- ausgezeichnete Beständigkeit gegen energiereiche Strahlung (Gamma und Röntgenstrahlen)
- inhärente Flammwidrigkeit und sehr geringe Rauchentwicklung im Brandfall
- gutes elektrisches und günstiges dielektrisches Verhalten (nur Ketron® PEEK, nicht Ketron® PEEK HPV/PEEK-CA 30)

### Bemerkung

Ab 150 °C lassen die mechanischen Eigenschaften aller Ketron® PEEK Typen deutlich nach und der thermische Längenausdehnungskoeffizient steigt beträchtlich an. Folglich könnte Duratron® PAI für Präzisionsteile bei hohen Temperaturen über 150 °C besser geeignet sein.

### Qualitäten

#### Ketron® PEEK 1000 Farbe natur (braungrau/schwarz)

Bietet die höchste Zähigkeit und Schlagfestigkeit aller Ketron® PEEK Qualitäten bei ausgezeichneter chem. Beständigkeit.

#### Ketron® PEEK HPV Farbe schwarz

Der Zusatz von Kohlestofffasern, Graphit und PTFE ergibt einen „Gleitlagertyp“ mit einer niedrigen Gleitreibungszahl, hoher Verschleißfestigkeit und hohem PV Grenzwert.

#### Ketron® PEEK-GF 30 Farbe braungrau

Dieser zu 30% glasfaserverstärkte Typ weist eine höhere Steifigkeit, mechanische Festigkeit und Kriechfestigkeit auf als Ketron® PEEK-1000.

#### Ketron® PEEK-CA 30 Farbe schwarz

Dieser mit einem Anteil von 30% Kohlenstofffasern verstärkte Typ vereint eine noch bessere Steifigkeit und Kriechfestigkeit als Ketron® PEEK-GF 30 mit einem optimalen Verschleißwiderstand.

#### Ketron® PEEK-TX (PEEK + Festschmierstoff)

Dieses neue Mitglied der Ketron® PEEK Produktgruppe ist besonders für die Lebensmittelindustrie entwickelt worden. Wie schon Ketron® PEEK-1000 verfügt auch dieses neue selbstschmierende Material über eine auf den Kontakt mit Lebensmitteln abgestimmte Zusammensetzung, bietet jedoch ein weit besseres Verschleiß- und Gleitverhalten. Demzufolge ist Ketron® PEEK-TX besonders geeignet für Gleit- und Verschleißelemente im Temperaturbereich von 100 bis 200 °C.

### Einsatz

- Ketron® PEEK 1000 = Medizintechnische, pharmazeutische und lebensmittelverarbeitende Industrie
- Ketron® PEEK-HPV = Anwendungen für starke verschleiß- und reibungsbeanspruchte Teile
- Ketron® PEEK-GF 30 = Anwendungen für Teile mit hoher Dimensionsstabilität
- Ketron® PEEK-CA 30 = Verschleißteile mit engeren Toleranzen bei sehr guter Steifigkeit und Kriechfestigkeit

### Verarbeitung

spanend  
(siehe Bearbeitungshinweise auf Seite 13/106)

### Abmessungen

Lieferbare Abmessungen auf Anfrage

# KETRON® PEEK

## Werkstoffkennwerte KETRON® PEEK – Typen

Eigenschaften	Prüfmethoden ISO/(IEC)	Einheiten	KETRON® PEEK-1000	KETRON® PEEK-HPV	KETRON® PEEK-GF30	KETRON® PEEK-CA30	SYMALIT® 1000 PVDF
Farbe	–	–	natur/schwarz	schwarz	natur (braungrau)	schwarz	natur (weiß)
Dichte	1183	g/cm <sup>3</sup>	1,31	1,45	1,51	1,40	1,76 – 1,79
Wasseraufnahme							
• nach 24/96 h Lagerung im Wasser von 23 °C (1)	62	mg	5/10	4/9	5/10	4/9	< 0,04
	62	%	0,06/0,12	0,05/0,11	0,05/0,1	0,05/0,11	–
• bei Sättigung im Normalklima 23 °C/50 % RF	–	%	0,20	0,6	0,16	0,16	–
• bei Sättigung im Wasser von 23 °C	–	%	0,45	0,35	0,35	0,35	–
<b>Thermische Eigenschaften</b>							
Schmelztemperatur	–	°C	340	340	340	340	165 – 178
Glasübergangstemperatur	–	°C	–	–	–	–	–30 – –40
Wärmeleitfähigkeit bei 23 °C	–	W/(K·m)	0,25	0,24	0,43	0,92	0,19
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient:							
• mittlerer Wert zwischen 23 und 100 °C	–	m(m·K)	50 · 10 <sup>-6</sup>	35 · 10 <sup>-6</sup>	30 · 10 <sup>-6</sup>	25 · 10 <sup>-6</sup>	12,5–14 · 10 <sup>-5</sup>
• mittlerer Wert zwischen 23 und 150 °C	–	m(m·K)	55 · 10 <sup>-6</sup>	40 · 10 <sup>-6</sup>	30 · 10 <sup>-6</sup>	25 · 10 <sup>-6</sup>	–
• mittlerer Wert oberhalb 150 °C	–	m(m·K)	130 · 10 <sup>-6</sup>	85 · 10 <sup>-6</sup>	65 · 10 <sup>-6</sup>	55 · 10 <sup>-6</sup>	–
Wärmeformbeständigkeitstemperatur:							
• Methode A: 1,8 MPa	75	°C	160	195	230	230	105 – 115
Obere Gebrauchstemperaturgrenze in Luft:							
• kurzzeitig (2)	–	°C	310	310	310	310	–
• dauernd: während mindestens 20000 h (3)	–	°C	250	250	250	250	150
Brennverhalten (4)							
• „Sauerstoff-Index“	4589	%	35	43	40	40	44
• nach UL 94 (Dicke 1,5/3 mm)	–	–	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0 / V-0	V-0
<b>Mechanische Eigenschaften bei 23 °C</b>							
Zugversuch (5):							
• Streckspannung (6)	527	MPa	110	75	90	130	45 – 57
• Bruchdehnung (6)	527	%	20	5	5	5	20 – 200
• Zug-Elastizitätsmodul (7)	527	MPa	4400	5900	6300	7700	1400 – 2500
Druckversuch (8):							
• Druckspannung bei 1 % nomineller Stauchung (7)	604	MPa	29	34	41	49	69 – 103
• Druckspannung bei 2 % nomineller Stauchung (7)	604	MPa	57	67	81	97	–
Charpy Schlagzähigkeit (8)	179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	OB	25	35	35	–
Charpy Kerbschlagzähigkeit	179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	3,5	2,5	4	4	110
Kugeldruckhärte (10)	2039-1	N/mm <sup>2</sup>	230	215	270	325	–
Rockwellhärte (10)	2039-2	–	M 105	M 85	M 99	M 102	–
<b>Elektrische Eigenschaften bei 23 °C</b>							
Durchschlagfestigkeit (11)	(60243)	kV/mm	24	–	24	–	20 – 30
Spezifischer Durchgangswiderstand	(60093)	Ω · cm	> 10 <sup>14</sup>	–	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>5</sup>	> 10 <sup>14</sup>
Spezifischer Oberflächenwiderstand	(60093)	Ω	> 10 <sup>13</sup>	–	> 10 <sup>13</sup>	–	> 10 <sup>13</sup>
Dielektrizitätszahl ε <sub>r</sub> :							
• bei 100 Hz	(60250)	–	3,2	–	3,2	–	–
• bei 1 MHz	(60250)	–	3,2	–	3,6	–	7,5
Dielektrischer Verlustfaktor tan δ:							
• bei 100 Hz	(60250)	–	0,001	–	0,001	–	–
• bei 1 MHz	(60250)	–	0,002	–	0,002	–	0,15
Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI)	(60112)	–	150	–	175	–	–

Anmerkung: 1 g/cm<sup>3</sup> = 1000 kg/m<sup>3</sup>; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>; 1 kV/mm = 1 MV/m  
Es gibt für diese Halbzeuge keine „gelbe UL-Karte“.

NA = nicht anwendbar

OB = ohne Bruch

### Legende

- (1) Nach Verfahren 1 der ISO 62 und durchgeführt an Scheiben Ø 50 x 3 mm.
- (2) Gültig bei nur einigen Stunden Temperaturbeanspruchung für Anwendungen, wobei keine oder nur geringe mechanische Belastungen auftreten.
- (3) Temperaturbelastbarkeit über mindestens 20000 Stunden. Nach dieser Zeitspanne ist die Zugfestigkeit auf zirka 50% des Ausgangswertes abgefallen. Die hier aufgeführte obere Gebrauchstemperaturgrenze basiert auf dem auftretenden thermisch-oxidativen Abbau, der eine Verringerung des Eigenschaftenniveaus hervorruft. Die höchstzulässige Gebrauchstemperatur ist jedoch in vielen Fällen in erster

- (4) Linie abhängig von Dauer und Größe der bei Wärmeeinwirkung auftretenden mechanischen Beanspruchungen.
- (4) Zu beachten ist, dass aus diesen größtenteils abgeschätzten, den Werkstoffblättern der Rohstofflieferanten entnommenen Werten, auf keinen Fall auf das Brandverhalten der Materialien in einem wirklichen Brandfall geschlossen werden darf. Es gibt für diese Halbzeuge keine „gelbe UL-Karte“.
- (5) Probekörper: Typ 1 B.
- (6) Prüfgeschwindigkeit: 5 mm/min.
- (7) Prüfgeschwindigkeit: 1 mm/min.
- (8) Probekörper: Zylinder Ø 12 x 30 mm.
- (9) Benutztes Pendelschlagwerk: 4 J.
- (10) Gemessen an 10 mm dicken Probekörpern.

- (11) Gemessen an 1 mm dicken Probekörpern. Es ist wichtig zu wissen, dass die Durchschlagfestigkeit von KETRON PEEK-1000 schwarz bis zu 50% niedriger liegen kann, als bei naturfarbigem Material.

► Die Tabelle ist eine wertvolle Hilfe bei der Werkstoffauswahl. Die hier aufgeführten Daten liegen im normalen Bereich der Eigenschaften trockener Materialien. **Sie stellen jedoch keine zugesicherten Eigenschaftswerte dar und sollen nicht zu Spezifikationszwecken oder als alleinige Grundlage für Konstruktionen herangezogen werden.**

# Symalit® 1000 PVDF (Polyvinylidenfluorid)

## Eigenschaftsprofil Symalit® 1000 PVDF

**Werkstoff Dichte:** 1,79 g/cm<sup>3</sup>

### Einsatztemperatur

-30 bis +150/160 °C (20000 Std./kurzzeitig)

kurzzeitig = nur einige Stunden, wobei keine oder nur geringe Belastungen auftreten dürfen

Dieses Fluorpolymere weist ausgezeichnete mechanische Eigenschaften, gepaart mit einer hervorragenden chemischen Beständigkeit auf. Symalit® 1000 PVDF steht – chemisch gesehen – zwischen PE-HD und PTFE. Mit seiner einfachen Bearbeitbarkeit wie PE HD, mit seiner hohen chemischen Widerstandsfähigkeit bei erhöhten Temperaturen nahe am PTFE.

### Haupteigenschaften von Symalit® 1000 PVDF

- hohe obere Gebrauchstemperaturgrenze in Luft dauernd 150 °C
- gute mechanische Festigkeit, Steifigkeit und Kriechfestigkeit über einen weiten Temperaturbereich
- ausgezeichnete chemische und Hydrolysenbeständigkeit
- gute Gleiteigenschaften und Verschleißfestigkeit
- hervorragende UV- und Witterungsbeständigkeit
- gute elektrische Isoliereigenschaften
- physiologisch unbedenklich (geeignet für den Kontakt mit Lebensmitteln)
- inhärente Flammwidrigkeit

### Bemerkung

Symalit® 1000 PVDF ist ein thermoplastischer Konstruktionswerkstoff mit den für Thermoplasten typischen Eigenschaften wie Extrudier-, Schweiß- und Warmverformbarkeit.

### Qualität

Symalit® 1000 PVDF Farbe natur (weiß)

Ein Fluorpolymer, das gute mechanische, thermische und elektrische Eigenschaften mit einer ausgezeichneten Chemikalienbeständigkeit vereint. Darüber hinaus entspricht der Rohstoff den Richtlinien der Europäischen Union und den Vorschriften der amerikanischen FDA bez. Lebensmittelkompatibilität.

### Einsatz

Ein vielseitiger Konstruktionswerkstoff, der vor allem in der petrochemischen, chemischen, metallurgischen, pharmazeutischen Industrie, sowie der Nahrungsmittel-, Papier-, Textil- und Nuklearindustrie Anwendung findet.

### Verarbeitung

spanend, warmverformend, schweißbar  
(siehe Bearbeitungshinweise auf Seite 13/106)

### Abmessungen

Lieferbare Abmessungen auf Anfrage

# PTFE (Polytetrafluorethylen)

## Eigenschaftsprofil PTFE

**Werkstoff Dichte:** 2,2 – 2,3 g/cm<sup>3</sup>

### Einsatztemperatur

–200 bis +260/280 °C (20000 Std./kurzzeitig)

kurzzeitig = nur einige Stunden, wobei keine oder nur geringe Belastungen auftreten dürfen

### Qualitäten Fluorosint®

weisen zusätzlich ausgezeichnete mechanische Eigenschaften (Steifigkeit/Kriechfestigkeit, Verschleißfestigkeit) gepaart mit einer hervorragenden chemischen Beständigkeit auf

### Haupteigenschaften von PTFE

- hohe obere Gebrauchstemperaturgrenze in Luft dauernd 260 °C
- fast universelle Chemikalienbeständigkeit
- ausgezeichnete chemische und Hydrolysenbeständigkeit
- sehr hohe Antiadhäsivität
- hervorragende UV- und Witterungsbeständigkeit
- gute elektrische Isoliereigenschaften
- ungefüllte Qualitäten sind physiologisch unbedenklich
- gute mechanische Beanspruchbarkeit
- Unbrennbarkeit nach UL-VO
- sehr niedriger Reibungskoeffizient

### Bemerkung

PTFE kann beim Erhitzen auf Temperaturen von über 320 °C gasförmige Zersetzungsprodukte abspalten, die teilweise toxisch sind. PTFE-Folien/Platten sind aufgrund ihrer hervorragenden chemischen Beständigkeit ohne einseitige Anätzung nicht verklebbar. (Bitte bei der Bestellung auf mögliche Verklebung hinweisen.)

### Qualität: PTFE Farbe (weiß)

Modifiziertes PTFE = PTFE mit Glas  
= PTFE mit Kohle  
= PTFE mit Graphit  
= PTFE mit Bronze

PTFE einseitig geätzt (verklebbar)

### Tendenz der Eigenschaftsbeeinflussung durch Füllstoffe gegenüber ungefülltem PTFE

	PTFE mit Glas	PTFE mit Kohle	PTFE mit Graphit	PTFE mit Bronze
Dichte	+	–	–	+
Reißfestigkeit	–	–	–	–
Reißdehnung	–	–	–	–
Kugeldruckhärte	+	+	+	+
Druckfestigkeit	+	+	+	+
Verschleißfestigkeit	+	+	+	+
Reibungskoeffizient	+	+	+	+
Wärmedehnung	–	–	–	–
Temperatur-Einsatzbereich	o	o	o	o
Wärmeleitfähigkeit	o	+	+	+
elektrische Leitfähigkeit	o	+	+	+
Durchschlagsfestigkeit	–	–	–	–
Porosität	+	+	+	+

+ = erhöht

– = reduziert

o = unverändert

### Qualität Fluorosint® 500 (elfenbein)

Verstärktes PTFE mit synthetischem Glimmer (hohe mechanische Tragfähigkeit ca 9 x geringere Verformung unter Last als ungefülltes PTFE).

### Qualität Fluorosint® 207 (weiß)

Hervorragende chemische und Hydrolysenbeständigkeit mit einer guten mechanischen Tragfähigkeit, entspricht der Vorschrift nach EN und FDA hinsichtlich Lebensmittelkompatibilität.

### Einsatz

PTFE-Qualitäten mit lebensmittelrechtlicher Zulassung werden bevorzugt in der Labortechnik, der Nahrungsmittel- und in der pharmazeutischen Industrie eingesetzt. Modifizierte Qualitäten werden vor allem in der petrochemischen, chemischen, metallurgischen Industrie, sowie der Papier-, Textil- und Nuklearindustrie Anwendung finden.

### PTFE-Typen – ihre Anwendung und Modifizierung

PTFE ungefüllt	nahezu universell chemikalienbeständig, sehr gute Gleiteigenschaften, hohe Temperaturbeständigkeit, gute dielektrische Eigenschaften, hohe Antiadhäsivität	Auskleidungen in der Chemie, Flachdichtungen, Umhüllungen, Kompensatoren, elektrische Isolierteile, gekammerte Lager
PTFE mit Glas	druckfestes Material mit gutem Reibungs- und Verschleißverhalten, mit guter chemischer Beständigkeit	druckfeste Dichtungen, Lager, Ventilsitze, Kolbenringe, Dichtringe, Kolbenstangenpackungen
PTFE mit Kohle	druck- und verschleißfestes Material, weitgehend chemikalienbeständig mit guter Wärmeleitfähigkeit, antistatisch	Kolbenringe, Kolbenführungsringe, Lager, Packungen, Ventilsitzringe
PTFE mit Graphit	weitgehend chemikalienbeständig mit guter Wärmeleitfähigkeit, antistatisch mit guter Abriebfestigkeit	Lippendichtungen, Wellendichtungen, Gleitfolien, Dichtungen
PTFE mit Bronze	gute Wärmeleitung, mit guter Abriebfestigkeit, gute Druckfestigkeit	Gleitführungen im allgemeinen Maschinenbau, Säulenführungen, Lager, Hydraulik-Zylinderführungen

Durch die gezielte Zugabe von Füllstoffen können bestimmte Eigenschaften von PTFE für den individuellen Einsatz optimiert werden. Die Auswahl des Compounds sollte unter Berücksichtigung aller physikalischen und chemischen Eigenschaften des Füllstoffes und des Compounds erfolgen.

### Verarbeitung spanend

Bei der Zerspanung von PTFE nicht rauchen, feuergefährlich!  
Achtung: Bei der Zerspanung von präzisen Fertigteilen sollte berücksichtigt werden, dass bei einer Temperatur von ca. 19 °C eine sprunghafte Volumensänderung von ca 1,3% eintritt (verursacht durch eine Kristallumwandlung der PTFE Makromoleküle)!  
PTFE-Folien/Platten lassen sich nur als „einseitig angeätzte Ausführung“ verkleben. (Bitte bei der Bestellung auf eine mögliche Verklebung hinweisen.)

# PTFE

## Werkstoffeigenschaften Fluorkunststoff – Typen

Eigenschaften	Norm DIN od. ASIM	Einheit	PTFE ①	PFA TFA	FEP	ETFE	PCTFE	ECTFE
Dichte	53 479	g/m <sup>3</sup>	2,14 – 2,19	2,12 – 2,17	2,12 – 2,17	1,71 – 1,78	2,10 – 2,16	1,67 – 1,70
obere Dauergebrauchstemperatur, ohne Belastung	–	°C	250 – 260	250 – 260	200 – 205	150 – 180	150 – 180	150 – 180
Brennbarkeit	–	–	unbrenn- bar	unbrenn- bar	unbrenn- bar	selbst- verlösch.	unbrenn- bar	selbst- verlösch.
Wasseraufnahme	53 495	%	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,1	< 0,01	< 0,1
<b>Mechanische Eigenschaften</b>								
Reißfestigkeit bei 23 °C	53 455	N/mm <sup>2</sup>	29 – 39	27 – 32	19 – 25	36 – 48	31 – 42	41 – 54
bei 150 °C	–	–	14 – 20	15 – 21	4 – 6	8 – 12	1 – 2	3,5 – 4,5
Streckgrenze bei 23 °C	53 455	N/mm <sup>2</sup>	10	14	12	24	40	32
Reißdehnung bei 23 °C	53 455	%	200 – 500	300	250 – 350	200 – 500	80 – 250	200 – 300
Zug-E-Modul bei 23 °C	53 457	N/mm <sup>2</sup>	400 – 800	650	350 – 700	500 – 1200	1000 – 2000	1200 – 1800
Grenzbiegespannung bei 23 °C	53 452	N/mm <sup>2</sup>	18 – 20	15	–	25 – 30	52 – 63	50
Biege-E-Modul	53 457	N/mm <sup>2</sup>	600 – 800	650 – 700	660 – 680	1200 – 1500	1200 – 1500	1700
Kugeldruckhärte 132/60	53 456	N/mm <sup>2</sup>	25 – 30	25 – 30	23 – 29	34 – 40	65 – 70	55 – 65
Rockwellhärte R	ASIM-D-785	–	–	–	–	45 – 55	103 – 118	85 – 95
Shore-Härte D	53 505	–	55 – 72	60 – 65	55 – 60	63 – 75	70 – 90	70 – 80
Reibungskoeffizient dyn. gegen Stahl, trocken	②	–	0,05 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,35	0,3 – 0,5	0,3 – 0,4	0,65
Schmelztemperatur	ASTM 2116	°C	327	300 – 310	253 – 282	265 – 275	185 – 210	240 – 247
<b>Thermische Eigenschaften</b>								
Formbeständigkeit in der Wärme heat deflection temp.	53 461 ISO R 75	°C °C	50 – 60 130 – 140	– –	51 70	71 – 74 104	76 116 – 126	76 115
Lin. Wärmeausdehnungskoeffizient	–	1/K · 0,10 <sup>-5</sup>	10 – 16	10 – 16	8 – 14	8 – 12	4 – 8	4 – 8
Wärmeleitfähigkeit bei 23 °C	52 612	W/[m · K]	0,23	0,22	0,20	0,23	0,19	0,15
Spezifische Wärme bei 23 °C	–	KJ/Kg · K	1,01	1,09	1,17	1,95	0,92	–
Sauerstoffindex	–	%	> 95	> 95	> 95	30	> 95	60
<b>Elektrische Eigenschaften</b>								
Dielektrizitätskonstante	53 483	–	2,0 – 2,1	2,06 – 2,1	2,1	2,6	2,5 – 2,8	2,6
Dielektrischer Verlustfaktor	53 483	–	0,3 – 0,5	0,2	2 – 8	6 – 8	250 – 300	30
Spezifischer Durchgangswiderstand	53 482	Ω · m	10 <sup>18</sup>	10 <sup>18</sup>	10 <sup>18</sup>	10 <sup>18</sup>	10 <sup>18</sup>	10 <sup>18</sup>
Oberflächenwiderstand	53 482	Ω	10 <sup>17</sup>	10 <sup>17</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>15</sup>
Kriechstromfestigkeit	53 480	–	KA3c	–	KA3c	–	KA3c	–
Lichtbogenfestigkeit	ASTM 495	sec	> 360	–	> 300	> 75	360	135
Durchschlagfestigkeit	53 481	kV/mm	40 – 80	50 – 80	50 – 80	60 – 90	50 – 70	50 – 80

① nicht spritzbarer Thermoplast

② keine genormte Prüfung

Die Reibzahl wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst.

Die Angaben sind nur grobe Richtwerte.

# Quadrant® PPSU/Quadrant® 1000 PSU/Duratron® PEI/ Techtron® HPV PPS

## Werkstoffkennwerte Quadrant® PPSU/Quadrant® 1000 PSU/Duratron® PEI/ Techtron® HPV PPS

Eigenschaften	Prüfmethoden ISO/(IEC)	Ein- heiten	Quadrant® PPSU	Duratron® 1000 PEI	Quadrant® 1000 PSU	Techtron® HPV PPS
Farbe	–	–	schwarz	natur (amber, durch- scheinend)	natur (gelb, durch- scheinend)	dunkelblau
Dichte	1183	g/cm <sup>3</sup>	1,29	1,27	1,24	1,43
Wasseraufnahme						
• nach 24/96 h Lagerung im Wasser von 23 °C (1)	62	mg	26/55	20/41	23/44	1/2
	62	%	0,35/0,72	0,26/0,54	0,32/0,61	0,01/0,03
• bei Sättigung im Normalklima 23 °C/50 % RF	–	%	0,60	0,75	0,40	0,03
• bei Sättigung im Wasser von 23 °C	–	%	1,20	1,35	0,85	0,09
<b>Thermische Eigenschaften</b>						
Schmelztemperatur	–	°C	NA	NA	NA	280
Glasübergangstemperatur	–	°C	220	215	190	–
Wärmeleitfähigkeit bei 23 °C	–	W/(K·m)	0,35	0,22	0,26	0,30
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient:						
• mittlerer Wert zwischen 23 und 100 °C	–	m(m·K)	55 · 10 <sup>-6</sup>	45 · 10 <sup>-6</sup>	60 · 10 <sup>-6</sup>	50 · 10 <sup>-6</sup>
• mittlerer Wert zwischen 23 und 150 °C	–	m(m·K)	55 · 10 <sup>-6</sup>	45 · 10 <sup>-6</sup>	60 · 10 <sup>-6</sup>	60 · 10 <sup>-6</sup>
• mittlerer Wert oberhalb 150 °C	–	m(m·K)	55 · 10 <sup>-6</sup>	45 · 10 <sup>-6</sup>	–	100 · 10 <sup>-6</sup>
Wärmeformbeständigkeitstemperatur:						
• Methode A: 1,8 MPa	75	°C	200	190	170	115
Obere Gebrauchstemperaturgrenze in Luft:						
• kurzzeitig (2)	–	°C	210	200	180	260
• dauernd: während mindestens 20000 h (3)	–	°C	180	170	150	220
Brennverhalten (4)						
• „Sauerstoff-Index“	4589	%	44	47	30	47
• nach UL 94 (Dicke 1,5/3 mm)	–	–	V-0 / V-0	V-0 / V-0	HB / HB	V-0 / V-0
<b>Mechanische Eigenschaften bei 23 °C</b>						
Zugversuch (5):						
• Streckspannung (6)	527	MPa	76	105	80	75
• Bruchdehnung (6)	527	%	30	10	10	5
• Zug-Elastizitätsmodul (7)	527	MPa	2500	3400	2700	4250
Druckversuch (8):						
• Druckspannung bei 1 % nomineller Stauchung (7)	604	MPa	18	25	20	28
• Druckspannung bei 2 % nomineller Stauchung (7)	604	MPa	35	49	39	55
Charpy Schlagzähigkeit (9)	179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	OB	OB	OB	25
Charpy Kerbschlagzähigkeit	179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	10	3,5	4	3,5
Kugeldruckhärte (9)	2039-1	N/mm <sup>2</sup>	–	170	155	180
Rockwellhärte (9)	2039-2	–	M 80	M 114	M 91	M 84
<b>Elektrische Eigenschaften bei 23 °C</b>						
Durchschlagfestigkeit (10)	(60243)	kV/mm	–	27	30	24
Spezifischer Durchgangswiderstand	(60093)	Ω · cm	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>
Spezifischer Oberflächwiderstand	(60093)	Ω	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>	> 10 <sup>13</sup>
Dielektrizitätszahl ε <sub>r</sub> :						
• bei 100 Hz	(60250)	–	3,4	3,0	3,0	3,3
• bei 1 MHz	(60250)	–	3,5	3,0	3,0	3,3
Dielektrischer Verlustfaktor tan δ:						
• bei 100 Hz	(60250)	–	0,001	0,002	0,001	0,003
• bei 1 MHz	(60250)	–	0,005	0,002	0,003	0,003
Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI)	(60112)	–	–	175	150	100

Anmerkung: 1 g/cm<sup>3</sup> = 1000 kg/m<sup>3</sup>; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>; 1 kV/mm = 1 MV/m

NA = nicht anwendbar

OB = ohne Bruch

Es gibt für diese Halbzeuge keine „gelbe UL-Karte“.

### Legende

- (1) Nach Verfahren 1 der ISO 62 und durchgeführt an Scheiben Ø 50 x 3 mm.
- (2) Gültig bei nur einigen Stunden Temperaturbeanspruchung für Anwendungen, wobei keine oder nur geringe mechanische Belastungen auftreten.
- (3) Temperaturbelastbarkeit über mindestens 20000 Stunden. Nach dieser Zeitspanne ist die Zugfestigkeit auf zirka 50% des Ausgangswertes abgefallen. Die hier aufgeführte obere Gebrauchstemperaturgrenze basiert auf dem auftretenden thermisch-oxidativen Abbau, der eine Verringerung des Eigenschaftenniveaus

hervorrufft. Die höchstzulässige Gebrauchstemperatur ist jedoch in vielen Fällen in erster Linie abhängig von Dauer und Größe der bei Wärmeeinwirkung auftretenden mechanischen Beanspruchungen.

- (4) Zu beachten ist, dass aus diesen größtenteils abgeschätzten, den Werkstoffblättern der Rohstofflieferanten entnommenen Werten, auf keinen Fall auf das Brandverhalten der Materialien in einem wirklichen Brandfall geschlossen werden darf. Es gibt für diese Halbzeuge keine „gelbe UL-Karte“.
- (5) Probekörper: Typ 1 B.
- (6) Prüfgeschwindigkeit: 5 mm/min.

- (7) Prüfgeschwindigkeit: 1 mm/min.
- (8) Probekörper: Zylinder Ø 12 x 30 mm.
- (9) Benutztes Pendelschlagwerk: 4 J.
- (10) Gemessen an 10 mm dicken Probekörpern.
- (11) Gemessen an 1 mm dicken Probekörpern.

► Die Tabelle ist eine wertvolle Hilfe bei der Werkstoffauswahl. Die hier aufgeführten Daten liegen im normalen Bereich der Eigenschaften trockener Materialien. **Sie stellen jedoch keine zugesicherten Eigenschaftswerte dar und sollen nicht zu Spezifikationszwecken oder als alleinige Grundlage für Konstruktionen herangezogen werden.**

# Leitfähige Kunststoffe

## HD-PE-EL (Elektrisch leitendes Polyethylen)

### Eigenschaftsprofil

Durch Reibung können sich feste Körper oder Flüssigkeiten elektrostatisch aufladen. Die bei der Entladung entstehenden Funken sind in der Lage, explosive Stoffe (fest, flüssig oder gasförmig) zu entzünden oder andere Bauteile zu beeinflussen. Durch leitfähige Kunststoffe besteht die Möglichkeit, die elektrostatische Aufladung zu vermeiden.

Der Oberflächenwiderstand beträgt  $<10^6$  Ohm.

Kunststoffplatten stehen in den Polyethylenqualitäten, extrudiert bzw. gepresste Ausführung in

- HD-PE-EL
- HD-PE-UHMW EL

zur Auswahl.

Diese Materialien verfügen über die bekannten kennzeichnenden Eigenschaften wie:

- hohe chemische Widerstandsfähigkeit
- hohe Beständigkeit gegenüber UV-Strahlen

- Temperatureinsatzbereich  
–50 °C bis +80 °C (HD-PE-EL)  
–200 °C bis +80 °C (HD-PE-UHMW-EL)
- gutes schlagzähiges Verhalten

#### Weitere Qualitäten

PP-EL-S (Polypropylen mit flammhemmendem Zusatz)  
Sondertype auf Anfrage

#### Bemerkung

HD-PE-EL Werkstoffe entsprechen nicht den Anforderungen des Lebensmittelgesetzes.

HD-PE-UHMW-EL entsprechen z. T. den Regularien gem. EU/FDA, bitte je nach Dicke nachfragen!

#### Einsatz

Behälter, Auskleidungen, Laborgeräte, Maschinenbauteile mit EL Anforderungen.

#### Verarbeitung

Spanende sowie formgebende Bearbeitung möglich.  
Verklebung ungünstig, siehe Bearbeitungshinweise.

### Werkstoffkennwerte EL – Typen

Werkstoffbezeichnung Eigenschaften	Norm	Einheit	HD-PE-EL schwarz	HD-PE UHMW EL schwarz
Molekulargewicht (mittlere molare Masse)		g/mol	0,25 x 106	ca. 5 x 106
Dichte	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	ca. 0,99	ca. 0,94
Wasseraufnahme	ISO 62	%	< 0,006	< 0,01
<b>Mechanische Eigenschaften</b>				
Streckspannung	ISO 527	MPa	25	≥ 17
Nominelle Bruchdehnung (Reißdehnung)	ISO 527	%	30	≥ 350
E-Modul (Zugversuch)	ISO 527	MPa	900	700
Schlagzähigkeit (Charpy)	ISO 179	kJ/m <sup>2</sup>	ohne Bruch	ohne Bruch
Kerbschlagzähigkeit (Charpy)	ISO 11542-2	kJ/m <sup>2</sup>	6	≥ 120
Kugeldruckhärte	ISO 2039-1	N/mm <sup>2</sup>	60	30 – 35
Shore-Härte D	ISO 868	–	63	60 – 65
Gleitreibungskoeffizient	–	–	–	ca. 0,2
Verschleiß (Sand-Slurry)	–	%	–	100
<b>Thermische Eigenschaften</b>				
Schmelztemperatur DSD, 10 K/min.	ISO 3146	°C	–	135 – 138
Vicat-Erweichungstemperatur	ISO 306	°C	–	80
Thermischer Längenausdehnungs- koeffizient zwischen 23 °C und 80 °C	ISO 11359	K <sup>-1</sup>	ca. 1,8 x 10 <sup>-4</sup>	ca. 2 x 10 <sup>-4</sup>
Wärmeleitfähigkeit	ISO 52612	W/(m x K)	ca. 0,38	ca. 0,4
Gebrauchstemperatur (max.)	–	°C	–	80
Gebrauchstemperatur (kurzzeitig)	–	°C	–	90
Gebrauchstemperatur (min.)	–	°C	–	– 200
<b>Elektrische Eigenschaften</b>				
Dielektrizitätszahl bei 100 Hz	IEC 60250	–	–	–
Dielektrischer Verlustfaktor bei 100 Hz	IEC 60250	–	–	–
Spezifischer Durchgangswiderstand	IEC 60093	Ohm x m	≤ 106	≤ 104
Oberflächenwiderstand	IEC 60093	Ohm	≤ 106	≤ 103
Durchschlagfestigkeit	IEC 60243	kV/mm	–	45
<b>Physiologische Eigenschaften</b>				
Entspricht den Regularien gemäß				
EU-Kunststoffrichtlinie 2002/72/EG				ja
FDA-Richtlinie 21CFR177.1520				ja
FDA-Richtlinie 21CFR178.2010				N/A
FDA-Richtlinie 21CFR178.3297				ja

Hinweise für die Anwender:

Die genannten Angaben entsprechen dem heutigen Stand unserer Kenntnisse. Durch die enthaltenen Informationen werden bestimmte Eigenschaften weder vereinbart noch zugesichert. Die Entscheidung über die Eignung eines Werkstoffes für einen konkreten Einsatzzweck obliegt dem jeweiligen Anwender. Änderungen der angegebenen Daten sind vorbehalten.

# Leitfähige Kunststoffe

## Semitron® ESD-Gruppe – Statisch ableitende Kunststoffe

### Eigenschaftsprofil

Hochleistungskunststoffe, die für Anwendungen entwickelt wurden, in denen elektrische Entladungen während des Betriebes ein Problem sind. Sie verschaffen eine kontrollierte Ableitung statischer Aufladungen.

(ESd = ElectronicStatic dissipation)

#### Haupteigenschaften von Semitron® ESD Kunststoffen

- dauerhafte Ableitungsfähigkeit statischer Aufladungen
- Ableitung statischer Ladungen (5 kv) in weniger als 2 Sekunden (siehe Tabelle unten)
- es werden keine Metall- oder Graphit-/Kohlenstoffpulver verwendet

#### Qualitäten: Semitron® ESD 225 – statisch ableitendes POM

**Werkstoff Dichte:** 1,33 g/cm<sup>3</sup>

#### Einsatztemperatur

+90 °C/140 °C (20000 Std./kurzzeitig)

kurzzeitig = nur einige Stunden, wobei keine oder nur geringe Belastungen auftreten dürfen

Basis Polyacetal, das hervorragend für fördererische Anwendungen geeignet ist. Dieser Werkstoff vermeidet Probleme, die durch Entladungen an von Menschen berührten Teilen entstehen. Semitron® ESD 225 ist ebenfalls ein ausgezeichnete Werkstoff für Haltevorrichtungen, die zur Beförderung von Wafern, oder zur Herstellung empfindlicher elektronischer Bauteile einschließlich Festplatten und bedruckten Leiterplatten eingesetzt werden.

#### Semitron® ESD 410 C – statisch ableitendes PEI

**Werkstoff Dichte:** 1,41 g/cm<sup>3</sup>

#### Einsatztemperatur:

+170 °C/200 °C (20000 Std./kurzzeitig)

kurzzeitig = nur einige Stunden, wobei keine oder nur geringe Belastungen auftreten dürfen

Mit seinem ausgezeichneten mechanischen Verhalten bis zu 210 °C bietet Semitron® ESD 410 statisch ableitende Lösungen im Bereich höherer Temperaturen an.

Darüber hinaus weist dieser Werkstoff eine ausgezeichnete Dimensionsstabilität auf, (niedrige thermische Längenausdehnungszahl und geringe Wasseraufnahme) eine sehr geschätzte Eigenschaft für Beförderungsvorrichtungen in der elektrischen/elektronischen Halbleiterindustrie.

#### Semitron® ESD 500 HR – statisch ableitendes PTFE

**Werkstoff Dichte:** 2,3 g/cm<sup>3</sup>

#### Einsatztemperatur

+260 °C/280 °C (20000 Std./kurzzeitig)

kurzzeitig = nur einige Stunden, wobei keine oder nur geringe Belastungen auftreten dürfen

Das Material ist verstärkt mit einem speziellen synthetischen Glimmer Typ und bietet eine ausgezeichnete Kombination niedriger Reibungszahl, guter Dimensionsstabilität und statischer Ableitungsfähigkeit.

#### Elektrische und thermische Eigenschaften der SEMITRON® ESD-Materialien

Advanced Engineering Plastic Products	Spezifischer Durchgangswiderstand nach IEC 60093	Elektrische Eigenschaften Spezifischer Oberflächenwiderstand nach IEC 60093	Entladungsdauer (5 kV) nach Mil-B-81705 C	Obere Gebrauchstemperaturgrenze in Luft (°C) kurzzeitig/dauerm
SEMITRON® ESD 225	10 <sup>10</sup> – 10 <sup>12</sup> Ω · cm	10 <sup>10</sup> – 10 <sup>12</sup> Ω	< 2 Sekunden	140/ 90
SEMITRON® ESD 410	10 <sup>4</sup> – 10 <sup>6</sup> Ω · cm	10 <sup>4</sup> – 10 <sup>6</sup> Ω	< 2 Sekunden	200/170
SEMITRON® ESD 500 HR	10 <sup>10</sup> – 10 <sup>12</sup> Ω · cm	10 <sup>10</sup> – 10 <sup>12</sup> Ω	< 2 Sekunden	280/260

Immer wenn es bei ungefülltem PTFE zu Problemen durch elektrische Entladungen führt, gewährleistet Semitron® ESD 500 eine kontrollierte Ableitung statischer Aufladungen bei gleichzeitiger Beibehaltung typischer PTFE Eigenschaften, wie hervorragende chemische Beständigkeit, Temperaturbeständigkeit und einer niedrigen Reibungszahl.

#### Semitron® ESD 520 HR – statisch ableitendes PAI

Semitron® ESD 520 HR weist eine außergewöhnliche Kombination von statischer Ableitbarkeit (ESd) mit hoher mechanischer Festigkeit und Temperaturbeständigkeit auf. Dieser ESD-Werkstoff ist besonders geeignet für die Herstellung von Aufnahmevorrichtungen und Fassungen für Chip-Testgeräte und andere Beförderungsvorrichtungen in der Halbleiterindustrie. Hauptmerkmal dieses Materiales ist seine einzigartige Durchschlagfestigkeit bei höheren Spannungen (> 100 V). Während z. B. herkömmliche Kohlenstoff-Faser gefüllte Kunststoffe schon beim Anlegen mäßiger Spannungen unwiderruflich leitfähiger werden, behält Semitron® ESD 520 HR seine elektrischen Eigenschaften im Spannungsbereich von 100 bis 1000 V bei und kann sich zugleich, dank seiner ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften, in anspruchsvollen Anwendungen auszeichnen.

#### Bemerkung

Die Semitron® ESD Materialien sind inhärent statisch ableitend und benötigen zu ihrer Aktivierung keine atmosphärischen Phänomene (z. B. Luftfeuchtigkeit). Es sind ebenfalls keine Oberflächenbehandlungen erforderlich, um die Ableitung zu gewährleisten. Die Werkstoffe der Semitron® ESD Gruppe enthalten kein Kohlenstoff- bzw. Graphitpulver und hinterlassen daher keine schwarzen Spuren.

#### Qualitäten/Lieferprogramm

##### Semitron® ESD 225 Farbe beige

Rund 6,35 – 152,40 mm Durchmesser  
Platte 8 – 50 mm Dicke

##### Semitron® ESD 410 C Farbe schwarz

Platte 9,53 – 44,45 mm Dicke

##### Semitron® ESD 500 HR Farbe schwarz

Platte 6,35 – 50,80 mm Dicke

#### Einsatz:

Überall dort, wo dauerhafte, statische Ableitungsfähigkeit gefordert wird.

#### Verarbeitung

spanend  
(siehe Bearbeitungshinweise auf Seite 13/106)



# FLUOROSINT®/SEMITRON®

## Werkstoffkennwerte FLUOROSINT®/SEMITRON®

Eigenschaften	Prüfmethoden ISO/(IEC)	Einheiten	FLUOROSINT® 500	FLUOROSINT® 207	SEMITRON® ESd 225	SEMITRON® ESd 410 C	SEMITRON® ESd 520 HR
Farbe	–	–	elfenbein	weiß	beige	schwarz	khakigray
Dichte	1183	g/cm <sup>3</sup>	2,32	2,30	1,33	1,41	1,58
<b>Wasseraufnahme</b>							
• nach 24/96 h Lagerung im Wasser von 23 °C (1)	62	mg	14/–	4/–	392/705	–	56/–
	62	%	0,10/–	0,03/–	5/9	–	0,60/–
• bei Sättigung im Normklima 23 °C/50 % RF	–	%	–	–	0,8	0,75	–
• bei Sättigung im Wasser von 23 °C	–	%	3,0	2,0	10	1,35	–
<b>Thermische Eigenschaften</b>							
Schmelztemperatur	–	°C	327	327	165	NA	NA
Glasübergangstemperatur	–	°C	–	–	–	215	280
Wärmeleitfähigkeit bei 23 °C	–	W/(K·m)	0,77	–	–	0,35	0,36
<b>Thermischer Längenausdehnungskoeffizient:</b>							
• mittlerer Wert zwischen 23 und 100 °C	–	m(m·K)	45 · 10 <sup>-6</sup>	100 · 10 <sup>-6</sup>	150 · 10 <sup>-6</sup>	35 · 10 <sup>-6</sup>	25 · 10 <sup>-6</sup>
• mittlerer Wert zwischen 23 und 150 °C	–	m(m·K)	45 · 10 <sup>-6</sup>	100 · 10 <sup>-6</sup>	–	35 · 10 <sup>-6</sup>	25 · 10 <sup>-6</sup>
• mittlerer Wert oberhalb 150 °C	–	m(m·K)	60 · 10 <sup>-6</sup>	140 · 10 <sup>-6</sup>	–	35 · 10 <sup>-6</sup>	25 · 10 <sup>-6</sup>
<b>Wärmeformbeständigkeitstemperatur:</b>							
• Methode A: 1,8 MPa	75	°C	130	100	–	210	280
<b>Obere Gebrauchstemperaturgrenze in Luft:</b>							
• kurzzeitig (2)	–	°C	280	280	140	200	270
• dauernd: während mindestens 20000 h (3)	–	°C	260	260	90	170	250
<b>Brennverhalten (4)</b>							
• „Sauerstoff-Index“	4589	%	≥ 95	≥ 95	< 20	47	48
• nach UL 94 (Dicke 1,5/3 mm)	–	–	V-0 / V-0	V-0 / V-0	HB	V-0 / V-0	V-0
<b>Mechanische Eigenschaften bei 23 °C</b>							
<b>Zugversuch (5):</b>							
• Bruchspannung (6)	527	MPa	6	10	38	62	83
• Bruchdehnung (6)	527	%	10	50	15	2	3
• Zug-Elastizitätsmodul (7)	527	MPa	2200	1800	1500	6400	5500
<b>Druckversuch (8):</b>							
• Druckspannung bei 1 % nomineller Stauchung (7)	604	MPa	–	–	11	–	–
• Druckspannung bei 2 % nomineller Stauchung (7)	604	MPa	–	–	20	–	–
Charpy Schlagzähigkeit (8)	179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	OB	OB	OB	–	–
Charpy Kerbschlagzähigkeit	179/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	4	6	8	4	4
Kugeldruckhärte (10)	2039-1	N/mm <sup>2</sup>	230	–	70	–	–
Rockwellhärte (10)	2039-2	–	R 55	R 50	R 106	M 115	M 108
<b>Elektrische Eigenschaften bei 23 °C</b>							
Durchschlagfestigkeit (11)	(60243)	kV/mm	11	8	–	–	–
Spezifischer Durchgangswiderstand	(60093)	Ω · cm	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	10 <sup>10</sup> –10 <sup>12</sup>	10 <sup>4</sup> –10 <sup>6</sup>	10 <sup>10</sup> –10 <sup>12</sup>
Spezifischer Oberflächenwiderstand	(60093)	Ω	> 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>12</sup>	10 <sup>10</sup> –10 <sup>12</sup>	10 <sup>4</sup> –10 <sup>6</sup>	10 <sup>10</sup> –10 <sup>12</sup>
Dielektrizitätszahl ε <sub>r</sub> :	• bei 100 Hz	(60250)	–	–	–	–	–
	• bei 1 MHz	(60250)	–	2,85	2,65	–	–
Dielektrischer Verlustfaktor tan δ:	• bei 100 Hz	(60250)	–	–	–	–	–
	• bei 1 MHz	(60250)	–	0,008	0,008	–	–

Anmerkung: 1 g/cm<sup>3</sup> = 1000 kg/m<sup>3</sup>; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>; 1 kV/mm = 1 MV/m  
Es gibt für diese Halbzeuge keine „gelbe UL-Karte“.

NA = nicht anwendbar

OB = ohne Bruch

### Legende

- (1) Nach Verfahren 1 der ISO 62 und durchgeführt an Scheiben Ø 50 x 3 mm.
- (2) Gültig bei nur einigen Stunden Temperaturbeanspruchung für Anwendungen, wobei keine oder nur geringe mechanische Belastungen auftreten.
- (3) Temperaturbelastbarkeit über mindestens 20000 Stunden. Nach dieser Zeitspanne ist die Zugfestigkeit auf zirka 50% des Ausgangswertes abgefallen. Die hier aufgeführte obere Gebrauchstemperaturgrenze basiert auf dem auftretenden thermisch-oxidativen Abbau, der eine Verringerung des Eigenschaftenniveaus hervorruft. Die höchstzulässige Gebrauchstemperatur ist jedoch in vielen Fällen in

- erster Linie abhängig von Dauer und Größe der bei Wärmeeinwirkung auftretenden mechanischen Beanspruchungen.
- (4) Zu beachten ist, dass aus diesen größtenteils abgeschätzten, den Werkstoffblättern der Rohstofflieferanten entnommenen Werten, auf keinen Fall auf das Brandverhalten der Materialien in einem wirklichen Brandfall geschlossen werden darf. Es gibt für diese Halbzeuge keine „gelbe UL-Karte“.
- (5) Probekörper: Typ 1 B.
- (6) Prüfgeschwindigkeit: 5 mm/min.
- (7) Prüfgeschwindigkeit: 1 mm/min.
- (8) Benutztes Pendelschlagwerk: 4 J.
- (9) Gemessen an 10 mm dicken Probekörpern.

- (10) Gemessen an 1 mm dicken Probekörpern. Es ist wichtig zu wissen, dass die Durchschlagfestigkeit von KETRON PEEK-1000 schwarz bis zu 50% niedriger liegen kann, als bei naturfarbigem Material.

► Die Tabelle ist eine wertvolle Hilfe bei der Werkstoffauswahl. Die hier aufgeführten Daten liegen im normalen Bereich der Eigenschaften trockener Materialien. **Sie stellen jedoch keine zugesicherten Eigenschaftswerte dar und sollen nicht zu Spezifikationszwecken oder als alleinige Grundlage für Konstruktionen herangezogen werden.**

# HGW (Hartgewebe)

## PF CC Typen

### Eigenschaftsprofil PF CC

Tafeln aus technischen Schichtpressstoffen auf der Basis härtpbarer Harze bestehend aus übereinander gelegten Lagen von Papieren, die durchgehend mit einem härtpbaren Harz imprägniert und unter Druck und Wärme so zusammengefügt worden sind, dass sie ein einziges Stück sind.

#### Bezeichnung

Kurzbezeichnung für Harz; Verstärkungsmaterial; Seriennummer z. B. PF CC 201; PF CC 202; PF CC 203; PF CC 204; (HGW 2082); (HGW 2082.5); (HGW 2083); (HGW 2083.5)

#### Allgemeine Anforderungen

Die Schichtpressstoffe müssen frei von Blasen, Falten und Rissen und hinreichend frei von Fehlstellen, z. B. Schrammen, Beulen und Verfärbungen sein. Ein gewisser Anteil von Flecken ist erlaubt. Für die Ebenheit sind die Prüfverfahren in IEC 893-2 und die Anforderungen in IEC 893-3 festgelegt.

#### Dicke

Die Grenzmaße für die Dickentoleranz entsprechen den Angaben nach IEC 893-12,4.1.

Nenn- dicke	Toleranz +/-		Nenn- dicke	Toleranz +/-	
	201/202	203/204		201/202	203/204
0,4	–	–	8,0	0,55	0,49
0,5	–	0,13	10,0	0,63	0,56
0,6	–	0,14	12,0	0,70	0,64
0,8	0,19	0,15	14,0	0,78	0,70
1,0	0,20	0,16	16,0	0,85	0,76
1,2	0,22	0,17	20,0	0,95	0,87
1,6	0,24	0,19	25,0	1,10	1,02
2,0	0,26	0,21	30,0	1,22	1,12
2,5	0,29	0,24	35,0	1,34	1,24
3,0	0,31	0,26	40,0	1,45	1,35
4,0	0,36	0,32	45,0	1,55	1,45
5,0	0,42	0,36	50,0	1,65	1,55
6,0	0,46	0,40			

### Typen, der in diesem Datenblatt verankerten Schichtpressstoffe

Harz	Verstärkung	Serien-Nr.	Anwendung
PF	CC	201	Mechanische Anwendungen (Grobgewebe**), aber mit geringen elektrischen Eigenschaften.
PF	CC	202	Mechanische und elektrische Anwendungen (Grobgewebe**), aber mit geringen elektrischen Eigenschaften.
PF	CC	203	Mechanische Anwendungen (Feingewebe**), aber mit geringen elektrischen Eigenschaften.
PF	CC	204	Mechanische und elektrische Anwendungen (Feingewebe**), aber mit geringen elektrischen Eigenschaften. Empfohlen für kleine Teile (wie beim Typ PF CC 203).

PF = Phenol-Formaldehyd-Harz

CC = Baumwollgewebe

\*\* Gewebearten für CC-Verstärkungsmaterialien:

	Flächenbezogene Masse in g/m <sup>2</sup>	Fadenzahl in cm <sup>-1</sup>
Grobgewebe	> 130	< 30
Feingewebe	< 130	> 30

Aus den in der Tabelle gegebenen Beschreibungen sollte nicht gefolgert werden, dass Tafeln irgendeines einzelnen Typs für andere als die hier für den jeweiligen Typ aufgezählten Anwendungen ungeeignet sind oder dass die einzelnen Tafeln sich für alle Anwendungen in den weit gefassten Beschreibungen eignen.

# Hartgewebe PF CC Typ DIN 7735

## Werkstoffkennwerte HGW – Typen

Eigenschaften	Prüf- methoden	Ein- heiten	HGW 2082 PF CC 201		HGW 2082.5 PF CC 202		HGW 2083 PF CC 203		HGW 2083.5 PF CC 204	
			Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert	Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert	Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert	Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert
Farbe			braun		braun		braun		braun	
Rohdichte	DIN 53479	g/cm <sup>3</sup>	1,3 – 1,4	1,36	1,3 – 1,4	1,36	1,3 – 1,4	1,36	1,3 – 1,4	1,36
Wasseraufnahme 5 mm Dicke	DIN 53495	mg	130	110	130	110	130	110	130	110
<b>Zusammensetzung</b>										
Harz			Phenolharz		Phenolharz		Phenolharz		Phenolharz	
Trägermaterial			Baumwoll- gewebe		Baumwoll- gewebe		Baumwollfeinst- gewebe		Baumwollfeinst- gewebe	
<b>Mechanische Eigenschaften</b>										
Biegefestigkeit	DIN 53452	N/mm <sup>2</sup>	130	150	115	145	150	180	130	170
Schlagzähigkeit	DIN 53453	kJ/m <sup>2</sup>	30	40	20	30	35	45	30	40
Kerbschlagzähigkeit	DIN 53453	kJ/m <sup>2</sup>	15	20	15	20	15	20	15	20
Zugfestigkeit	DIN 53455	N/mm <sup>2</sup>	80	120	60	100	100	150	80	130
Druckfestigkeit	DIN 53454	N/mm <sup>2</sup>	170	200	150	190	170	200	150	190
Spaltkraft	DIN 53463	N	2500	4000	2500	3800	2500	4000	2500	4000
Elastizitätsmodul	DIN 53452	N/mm <sup>2</sup>	7 x 10 <sup>3</sup>	8000	7 x 10 <sup>3</sup>	8000	7 x 10 <sup>3</sup>	8200	7 x 10 <sup>3</sup>	8200
<b>Elektrische Eigenschaften</b>										
Widerstand zwischen den Stöpseln	DIN 53482	Ω	–	–	10 <sup>7</sup>	5 x 10 <sup>7</sup>	–	–	10 <sup>7</sup>	5 x 10 <sup>7</sup>
Hochspannungsfestigkeit II/1	DIN 53481	KV	8/5	17/12	20/5	25/12	8/5	17/12	25/5	30/15
Dielektrizitätskonstante	DIN 53483	–	5	5	5	5	5	5	5	5
Kriechstromfestigkeit CTI	DIN/IEC 112	–	100	160	100	160	100	160	100	160
Elektrische Korrosion	DIN 53489	–								
<b>Thermische Eigenschaften</b>										
Grenztemperatur	VDE 0304, T.21	°C	110	110	110	110	110	110	110	110
Wärmeleitfähigkeit	DIN 52672	W/(K·m)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Längenausdehnungskoeffizient:	VDE 0304	10 <sup>-6</sup> /K	20 – 40	30	20 – 40	30	20 – 40	30	20 – 40	30
Wärmeklasse	VDE 0534	–	E	E	E	E	E	E	E	E
Glutbeständigkeit	DIN 53459	–	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b	2b

# Epoxidharz und Phenolharz

## Eigenschaftsprofil EP GC-Typen und PF GC-Typen

Tafeln aus technischen Schichtpressstoffen auf der Basis härtpbarer Harze bestehend aus übereinander gelegten Lagen von Papieren, die durchgehend mit einem härtpbaren Harz imprägniert und unter Druck und Wärme so zusammengefügt worden sind, dass sie ein einziges Stück sind.

### Bezeichnung

Kurzbezeichnung für Harz; Verstärkungsmaterial; Seriennummer z. B. EP CG 201; EP CG 202; EP CG 203; EP CG 204; (HGW 2372); (HGW 2372.1); (HGW 2372.4)

### Allgemeine Anforderungen

Die Schichtpressstoffe müssen frei von Blasen, Falten und Rissen und hinreichend frei von Fehlstellen, z. B. Schrammen, Beulen und Verfärbungen sein. Ein gewisser Anteil von Flecken ist erlaubt. Für die Ebenheit sind die Prüfverfahren in IEC 893-2 und die Anforderungen in IEC 893-3festgelegt.

### Typen, der in diesem Datenblatt verankerten Schichtpressstoffe

Harz	Verstärkung	Serien-Nr.	Anwendung
PF	GC	201	Mechanische, elektrische und elektronische Anwendungen. Besonders hohe mechanische Festigkeit bei mäßiger Temperatur. Sehr gute Beständigkeit der elektrischen Eigenschaften bei hoher Feuchtigkeit.
PF	GC	202	Ähnlich Typ 201. Mit definiertem Brennverhalten.
PF	GC	203	Ähnlich Typ 201. Hohe mechanische Festigkeit bei erhöhter Temperatur.
PF	GC	204	Ähnlich Typ 203. Mit definiertem Brennverhalten.

PF = Phenol-Formaldehyd-Harz  
GC= Glasgewebe

## Werkstoffkennwerte HGW – Typen

Eigenschaften	Prüf- methoden	Ein- heiten	HGW 2372		HGW 2372.1		HGW 2372.2		HGW 2372.4				HGW 2572	
			EP GC 201		EP GC 202		EP GC 204		EP GC 203		180 °C		250 °C	
			G 10	FR 4	FR 5	G 11	180 °C	250 °C	G 7	SI GC 202				
			Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert	Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert	Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert	Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert	Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert	Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert
Farbe			grün		hellgrün		grün		grün		braun	orange	weiß	
Rohdichte	DIN 53479	g/cm <sup>3</sup>	1,7 – 1,9	1,83	1,7 – 1,9	1,9	1,7 – 1,9	1,85	1,7 – 1,9	1,85	1,86	1,85	1,6 – 1,7	1,7
Wasseraufnahme 5 mm Dicke	DIN 53495	mg	30	10	30	10	30	10	30	15	14	12	50	13
Brennbarkeit	UL 94	Stufe	–	–	V0	V0	V0	–V0	–	–	–	–	–	V0
<b>Zusammensetzung</b>														
Harz			Epoxidharz		Epoxidharz		Epoxidharz		Epoxidharz		Epoxidharz		Silikonharz	
Trägermaterial			Glasgewebe		Glasgewebe		Glasgewebe		Glasgewebe		Glasgewebe		Glasgewebe	
<b>Mechanische Eigenschaften</b>														
Biegefestigkeit	DIN 53452	N/mm <sup>2</sup>	350	500	350	500	350	520	350	530	630	630	125	240
Biegefestigkeit bei erhöhter Temperatur	DIN 53452	N/mm <sup>2</sup>	–	–	–	–	175	380	175	295	458	348	–	–
Schlagzähigkeit	DIN 53453	kJ/m <sup>2</sup>	100	150	100	150	100	140	100	145	219	219	40	95
Kerbschlagzähigkeit	DIN 53453	kJ/m <sup>2</sup>	50	80	50	78	50	68	50	60	65	68	25	60
Zugfestigkeit	DIN 53455	N/mm <sup>2</sup>	220	320	220	350	150	310	150	320	330	340	50	120
Druckfestigkeit	DIN 53454	N/mm <sup>2</sup>	200	350	200	330	150	310	150	320	330	340	50	120
Spaltkraft	DIN 53463	N	3000	4300	3000	4400	3000	4200	3000	4200	3100	4200	13 x 10 <sup>3</sup>	19000
Elastizitätsmodul	DIN 53452	N/mm <sup>2</sup>	18 x 10 <sup>3</sup>	21500	18 x 10 <sup>3</sup>	21500	18 x 10 <sup>3</sup>	21000	18 x 10 <sup>3</sup>	28000	31000	32000	13 x 10 <sup>3</sup>	19000
<b>Elektrische Eigenschaften</b>														
Widerstand zwischen den Stöpseln	DIN 53482	Ω	5 x 10 <sup>10</sup>	10 <sup>12</sup>	5 x 10 <sup>10</sup>	5 x 10 <sup>12</sup>	5 x 10 <sup>10</sup>	5 x 10 <sup>11</sup>	5 x 10 <sup>10</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>11</sup>
Hochspannungs- festigkeit II/1	DIN 53481	KV	40/40	80/65	40/40	75/60	40/40	80/65	40/40	80/70	90/70	95/80	25/20	35/30
Dielektrischer Verlust- faktor bei 1 MHz	DIN 53483	–	0,05	0,03	0,05	0,02	0,05	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03
Dielektrizitätskonstante	DIN 53483	–	5	4,6	5	4,6	5	5	5	5	4	4	5	5
Kriechstromfestigkeit CTI	DIN/IEC 112	–	200	320	200	220	180	210	200	210	250	450	440	600
Elektrische Korrosion	DIN 53489	–	AN 1,4	AN 1,2	AN 1,4	AN 1,2	AN 1,4	AN 1,4	AN 1,4	AN 1,2	AN 1,2	AN 1,2	AN 1,4	AN 1,2
<b>Thermische Eigenschaften</b>														
Grenztemperatur	VDE 0304, T.21	°C	130	130	130	130	155	180	155	155	180	250	180	180
Wärmeleitfähigkeit	DIN 52672	W/(K·m)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3
Längenausdehnungs- koeffizient:	VDE 0304	10 <sup>-6</sup> /K	10 – 20	16	10 – 20	16	10 – 20	16	10 – 20	15	15	14	10 – 20	12
Wärmeklasse	VDE 0534	–	B	B	B	B	F	H	F	F	H	C	H	H
Glutbeständigkeit	DIN 53459	–	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2

# HP (Hartpapier) PF CP

## Eigenschaftsprofil PF CP

**Werkstoff Dichte:** 1,3 bis 1,4 g/cm<sup>3</sup>

**Einsatztemperatur:** + 120 °C

HP ist ein Phenol Zellulose Papier der Type PF CP nach DIN EN 60893 mit guten mechanischen Eigenschaften, für normale elektrische Beanspruchung. Konstruktionsmaterial für Schalttafeln und Abdeckungen für Grund- und Montageplatten für elektrische Geräte etc.

### Qualitäten

#### HP 2061/PF CP 201 (DIN EN 60893) Farbe braun

Hartpapierplatten Phenolharz gebunden – Standardqualität für sämtliche Einsatzgebiete wie: Konstruktionselemente im Maschinenbau – Textilindustrie usw. Elektrische Werte ausreichend als Isolationsmaterial für Niederspannung. Standard-Lagerqualität.

#### HP 2061.5/PF CP 202 (DIN EN 60893) Farbe braun

Hartpapierplatten Phenolharz gebunden – Sonderqualität für Einsatzgebiete in der Hochspannungstechnik. Lieferbar auf Anfrage.

Weitere Qualitäten (auf Anfrage)

#### HP 2063 PF CP 204 – für Hochfrequenztechnik

### Bemerkung

Hartpapierrundrohre nach HP 2065/PF CP 21 lieferbar auf Anfrage.

### Einsatz

Maschinenbau, Feinwerktechnik, Vorrichtungsbau, Schablonen etc.

### Verarbeitung

gute Zerspanbarkeit (Staubentwicklung)  
(siehe Bearbeitungshinweis auf Seite 13/106)

## Herstellungsverfahren PF CP (Hartpapier)

Tafeln aus technischen Schichtpressstoffen auf der Basis härtpbarer Harze bestehend aus übereinander gelegten Lagen von Papieren, die durchgehend mit einem härtpbaren Harz imprägniert und unter Druck und Wärme so zusammengefügt worden sind, dass sie ein einziges Stück sind.

### Bezeichnung

Kurzbezeichnung für Harz; Verstärkungsmaterial; Seriennummer z. B. PF CP 201; PF CP 202; PF CP 205; PF CP 308 (HP 2061); (HP 2061,5); (HP 2062,9)

### Allgemeine Anforderungen

Die Schichtpressstoffe müssen frei von Blasen, Falten und Rissen und hinreichend frei von Fehlstellen, z. B. Schrammen, Beulen und Verfärbungen sein. Ein gewisser Anteil von Flecken ist erlaubt. Für die Ebenheit sind die Prüfverfahren in IEC 893-2 und die Anforderungen in IEC 893-3 festgelegt.

### Dicke

Die Grenzmaße für die Dickentoleranz entsprechen den Angaben in nach IEC 893-3.

Nennstärke	Toleranz +/-	Nennstärke	Toleranz +/-
0,4	0,07	8,0	0,47
0,5	0,08	10,0	0,55
0,6	0,09	12,0	0,62
0,8	0,10	14,0	0,69
1,0	0,12	16,0	0,75
1,2	0,14	20,0	0,86
1,6	0,16	25,0	1,00
2,0	0,19	30,0	1,15
2,5	0,22	35,0	1,25
3,0	0,25	40,0	1,35
4,0	0,30	45,0	1,45
5,0	0,34	50,0	1,55
6,0	0,37		

### Typen, der in diesem Datenblatt verankerten Schichtpressstoffe

Harz	Verstärkung	Serien-Nr.	Anwendung
PF	CP	201	Mechanische Anwendungen. Mechanische Eigenschaften besser als andere PF CP-Typen. Geringe elektrische Eigenschaften bei normaler Feuchtigkeit. Auch in Heistanzausfhrungen verfügbar.
PF	CP	202	Anwendungen im Hochspannungsbereich bei Netzfrequenzen. Hohe Durchschlagfestigkeit in Öl. Gute Durchschlagfestigkeit in Luft bei normaler Feuchtigkeit.
PF	CP	205	Elektrische und elektronische Anwendungen. Gute Beständigkeit der elektrischen Eigenschaften bei hoher Feuchtigkeit. In Kalt- und Heistanzausfhrungen verfügbar. Mit definiertem Brennverhalten.

PF = Phenol-Formaldehyd-Harz  
CP = Zellulosepapier

Aus den in der Tabelle gegebenen Beschreibungen sollte nicht gefolgert werden, dass Tafeln irgendeines einzelnen Typs für andere als die hier für den jeweiligen Typ aufgezählten Anwendungen ungeeignet sind oder dass die einzelnen Tafeln sich für alle Anwendungen in den weit gefassten Beschreibungen eignen.

# Hartpapier PF CP

## Werkstoffkennwerte HP – Typen

Eigenschaften	Prüf- methoden	Ein- heiten	HP 2061 PF CP 201		HP 2061.5 PF CP 202		HP 2061.6 PF CP 203		HP 2062.9 PF CP 205 FR 2		HP 2063 PF CP 204		HP 2361.1 PF CP 201 FR 3	
			Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert	Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert	Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert	Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert	Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert	Wert nach DIN 7735	Typischer Messwert
Farbe			dunkelbraun		braun		dunkelbraun		hellbraun		hellbraun		gelbbraun	
Rohdichte	DIN 53479	g/cm <sup>3</sup>	1,3 – 1,4	1,38	1,3 – 1,4	1,39	1,3 – 1,4	1,38	1,3 – 1,4	1,39	1,3 – 1,4	1,38	1,3 – 1,4	1,39
Wasseraufnahme 5 mm Dicke	DIN 53495	mg	660	280	350	165	225	110	125	36	70	40	70	30
Stanzkennwert bis 2 mm Dicke	DIN 53488	–	–	130 °C/ 2,0	–	120 °C/ 2,5	–	–	–	25 °C/ 2,0	–	25 °C/ 2,0	–	25 °C/ 2,0
Brennbarkeit	UL 94	Stufe	–	–	–	–	–	–	–	V0	–	–	–	V0
<b>Zusammensetzung</b>														
Harz			Phenolharz		Phenolharz		Phenolharz		Phenolharz		Phenolharz		Epoxidharz	
<b>Mechanische Eigenschaften</b>														
Biegefestigkeit	DIN 53452	N/mm <sup>2</sup>	150	220	130	180	130	220	60	110	80	120	120	140
Schlagzähigkeit	DIN 53453	kJ/m <sup>2</sup>	20	25	20	24	15	23	–	–	7	12	3	10
Kerbschlagzähigkeit	DIN 53453	kJ/m <sup>2</sup>	15	22	15	21	10	19	–	–	2,5	4	2	7
Zugfestigkeit	DIN 53455	N/mm <sup>2</sup>	120	170	100	150	100	160	–	–	70	90	70	110
Druckfestigkeit	DIN 53454	N/mm <sup>2</sup>	150	190	150	190	100	160	90	80	–	150	120	130
Spaltkraft	DIN 53463	N	2000	2650	2000	2800	2000	2700	–	–	–	2600	2000	2600
Elastizitätsmodul	DIN 53452	N/mm <sup>2</sup>	7 x 10 <sup>3</sup>	10800	7 x 10 <sup>3</sup>	11200	7 x 10 <sup>3</sup>	11200	5 x 10 <sup>3</sup>	6000	7 x 10 <sup>3</sup>	9000	6 x 10 <sup>3</sup>	7000
<b>Elektrische Eigenschaften</b>														
Widerstand zwischen den Stöpseln	DIN 53482	Ω	–	–	–	–	5 x 10 <sup>7</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup>	5 x 10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	5 x 10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	5 x 10 <sup>10</sup>
Hochspannungs- festigkeit II/1	DIN 53481	KV	15/15	28/21	40/40	60/60	25/30	45/45	20/25	30/35	20/25	30/40	20/20	30/30
Dielektrischer Verlust- faktor bei 1 MHz	DIN 53483	–	–	–	0,05	0,04	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04
Dielektrizitätskonstante	DIN 53483	–	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Kriechstromfestigkeit CTI	DIN/IEC 112	–	100	210	100	220	100	210	100	200	100	220	100	210
Elektrische Korrosion	DIN 53489	–	–	–	–	–	–	–	–	–	AN 1,4	AN 1,4	AN 1,4	AN 1,4
<b>Thermische Eigenschaften</b>														
Grenztemperatur	VDE 0304, T <sub>21</sub>	°C	120	120	120	120	120	120	90	100	120	120	90	100
Wärmeleitfähigkeit	DIN 52672	W/(K·m)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Längenausdehnungs- koeffizient:	VDE 0304	10 <sup>-6</sup> /K	20 – 40	22	20 – 40	23	20 – 40	22	20 – 40	20	20 – 40	23	20 – 40	20
Wärmeklasse	VDE 0534	–	E	E	E	E	E	E	A	A	E	E	A	A
Glutbeständigkeit	DIN 53459	–	2b	2a	2b	2a	2a	2a	2a	2a	2b	2a	2a	2a

# PUR (Polyurethan)

## Eigenschaftsprofil PUR

**Werkstoffdichte:** 1,26 g/cm<sup>3</sup>

### Einsatztemperatur

Standardmaterial –30 °C bis +80 °C

### Sonderqualitäten

wahlweise –40 °C bis +120 °C

Gieß-PUR-Elastomere zeichnen sich innerhalb der Shorehärte von ca. 50° bis 98° Shore A (60 Shore D) durch besonders günstige Kombinationen von physikalischen und chemischen Eigenschaften aus.

### Bemerkung

PUR-Elastomere sind nur bedingt für den direkten Kontakt mit Lebensmitteln geeignet. Alle PUR-Elastomere verfügen über eine gute Beständigkeit gegen mineralische Öle, Fette, Benzin und verschiedene Lösungsmittel.

### Qualitäten

PUR-Elastomere Kompaktsysteme Härte ca. 50° – 98° Shore A (60° Shore D)

### Vulkollan® (eingetragene Marke der Covestro Gruppe)

Zeichnet sich unter Einsatz von D15 (Desmodur 15) durch hervorragende Eigenschaften wie dynamische Belastbarkeit, hohe Stoßbelastbarkeit bei einem niedrigen Druckverformungsrest und einer ausgezeichneten mechanischen Verschleißfestigkeit aus. Einsatz u. a. Federelemente, Räder und Rollen, Kupplungen, Schneidleisten und Abstreifer.

### PUR-Elastomer-Qualität Diepothan (eingetragenes Warenzeichen der P+S Polyurethan-Elastomere)

Ein breites Spektrum an Qualitäten für Gießteile, insbesondere sehr härtestabil über die ganze Bandbreite (50° bis 98° Shore A). Geeignet für Anwendungsfälle im Allgemeinen Maschinenbau, für Walzen- und Kugellagerbeschichtungen, Dämpfungselemente, Rakelprofile, Dichtungen und Membranen. Hervorzuheben ist die hohe Elastizität, die gute Beständigkeit gegenüber mineralischen Ölen, Fetten und Benzin.

### PUR-Elastomer-Qualität D44 (Desmodur D44)

Ein PUR-Elastomer mit einer etwas niedrigeren Temperaturbeständigkeit sowie anderen spezifischen physikalischen Eigenschaften wie die D15-Qualität. Ein Material hauptsächlich für den Einsatz von Platten, Zuschnitten, Unterlagen, Schürfleisten, Abstreifern und Auskleidungen – bei geringen dynamischen Belastungen.

### PUR-Elastomere zellige Systeme

Für Anwendungen bei hohen dynamischen Belastungen. Anwendungen finden sich dort, wo eine höherer Deformierbarkeit und eine niedrigere Stauchhärte als bei massiven Elastomeren gefordert werden. Vulkocell® wird in einem Rohdichtebereich von ca. 300 bis 700 kg/m<sup>3</sup> gefertigt. Einsatzbereich: Federn- und Dämpfungselemente im Fahrzeugbau, Dichtungen und Reibungsdämpfer sowie Druckleisten.

### Diepocell® (eingetragenes Warenzeichen der P+S Polyurethan-Elastomere)

Verfügt über ähnliche Eigenschaften wie Vulkocell® und eignet sich hervorragend für Einsatzfälle, bei denen weniger dynamische Eigenschaften, aber dafür ein gutes Dämpfungsverhalten gefordert wird. Diepocell® wird in einem Rohdichtebereich von 300 bis 650 kg/m<sup>3</sup> hergestellt. Ebenso wie Vulkocell® zeichnet sich dieses Material durch seine Verformbarkeit von bis zu 90 % bei gleichzeitig minimaler Querdehnung aus. Speziell durch seine guten Dämpfungseigenschaften ist Diepocell® der ideale Werkstoff für Puffersysteme im Kran- und Aufzugsbau.

### Einsatz

Die Vorteile der PUR-Werkstoffe gegenüber den Gummi-Elastomerwerkstoffen sind u. a. die sehr guten mechanischen Eigenschaften, der hervorragende Verschleißwiderstand und die hohe Weiterreißfestigkeit im Härtebereich von ca. 50° – 98° Shore A. Diese Eigenschaften bieten diesen PUR-Qualitäten Einsatzmöglichkeiten in allen Bereichen des Maschinen-, Aufzug- und Fahrzeugbau. PUR-Systeme sind gegenüber Gummi-Elastomeren rüßfrei und werden daher auch in Industriebereichen eingesetzt, wo ein abriebfreies Verhalten gefordert ist. Zum Beispiel in der Papier- und Holzindustrie als Belag von Transportrollen, als Transport- und Montagehilfen in der Automobilindustrie etc.

### Verarbeitung von Halbzeugen

spanende Bearbeitung/Schneiden/Stanzen  
(siehe Bearbeitungshinweise auf Seite 13/106)

Verkleben mit diversen Werkstoffen möglich, siehe Ultraflexkleber.

### Zellige PUR-Systeme

Plattendicke: 2 bis 60 mm

Plattengröße: 250 x 500 mm/300 x 600 mm

Bitte beachten Sie unseren Zuschnittservice.

Mit unserem Partner Firma P+S Polyurethan-Elastomere sind wir in der Lage, PUR-Gießteile nach Zeichnung bzw. Muster in den Qualitäten Vulkollan®/Diepothan/Vulkocell®/Diepocell® herzustellen. Metallteile, auch als Komplettlösung (inkl. Metallteil) können beschichtet werden. Ebenso sind wir in der Lage, technische Lösungsvorschläge auf Grundlage von Berechnungen über Federwege, Belastungen, Dämpfungen und Verhaltensstrukturen zu erarbeiten.

# PUR

## Bearbeitungsmerkmale für kompakte PUR-Elastomere

### Längsdrehen

Vulk.-Typ	Schnittgeschwindigkeit m/min.	Vorschub mm/Umdr.	Werkzeug Werkstoff	Stahlform			Oberflächengüte mittl. Rauhtiefe in $\mu$
				$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	
ca. 95 Shore	100 – 150	0,1 – 0,2	HSS	12	53	25	10
ca. 90 Shore	100 – 150	0,1 – 0,2	HSS	12	53	25	20
ca. 85 Shore	300 – 500	0,1 – 0,2	HSS	12	53	25	50
ca. 70 Shore	300 – 500	0,1 – 0,2	HSS	12	53	25	100

Die harten Vulkollan®-Typen lassen sich sehr gut spangebend verarbeiten, während bei den weicheren Qualitäten das Material bestrebt ist, dem Werkzeugstahl auszuweichen. Der erforderliche Steifigkeitsgrad kann jedoch durch Unterkühlung erreicht werden. Folgende optimale Bearbeitungsbedingungen wurden festgestellt:

#### Plandrehen/Abstechen

Sofern breitere Teile abgestochen werden, gelten die gleichen Bedingungen wie in der Tabelle oben. Beim Abstechen dünner Scheiben empfiehlt sich ein Werkzeugstahl, dessen Schneide unter einem Winkel von 15° sehr spitz verläuft, somit als Messer anzusehen ist und im Übrigen die oben angegebenen Schneidewinkel besitzt. Wegen der durch starke Reibung bedingten Wärmeentwicklung sollte mit Bohrwasser gekühlt werden.

#### Gewindeschneiden

Wegen der relativen Weichheit von Vulkollan® im Vergleich zu Stahl empfehlen sich nur grobe Gewinde.

#### Fräsen

Mit 200 – 400 m/min. Umfangsgeschwindigkeit werden bei einem Fräser aus Schnellwerkzeugstahl mit einem Freiwinkel = 10° und  $\gamma = 25^\circ$  die angegebenen Oberflächengüten erreicht.

Um eine günstige Spanabfuhr zu gewährleisten, sollte der Fräser nicht mehrere Zähne besitzen (kein Fräskopf).

#### Bohren

Man kann zum Bohren die bei Stahl gebräuchlichen Bohrer verwenden. Es empfehlen sich Schnittgeschwindigkeiten von 40 – 50 m/min. bei einem möglichst kleinen Vorschub von 0,01 – 0,03 mm/U. Bei den harten Materialien kann ein größerer Vorschub gewählt werden.

Bis zu 20 mm tiefe Bohrungen können ohne Bohrwasser hergestellt werden. Wegen der Weichheit des Materials werden die Durchmesser der Bohrungen bei den Typen Vulkollan® 70° – 90° Shore bis 4% kleiner als die Bohrer Durchmesser.

#### Schleifen

Glatte Oberflächen werden erreicht bei Schleifscheiben aus Normalkorund mit keramischer Bindung, einer feinen Körnung, mittlerer Härte und grobem Gefüge. Die Schleifgeschwindigkeiten müssen sehr hoch liegen, 30 – 50 m/Sek., wobei die hohe Geschwindigkeit für die weichen Materialien gilt. Zur Vermeidung von Überhitzung sollte mit Bohrwasser gekühlt werden.



# Hinweise zur spangebenden Bearbeitung von Thermoplasten

## PE/PP, H-PVC, PA, POM, PC/PET etc.

Aufgrund der schlechten Wärmeleitfähigkeit und den relativ niedrigen Schmelztemperaturen der thermoplastischen Kunststoffe muss darauf geachtet werden, dass bei der Bearbeitung möglichst wenig Wärme entwickelt und auf das zu bearbeitende Stück übertragen wird. Um die Folgen einer thermischen Überanspruchung (Verfärbung und sogar Aufschmelzen der Oberfläche) des Kunststoffes zu vermeiden, sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Werkzeugschneiden müssen immer einwandfrei und gut geschärft sein.
- Der Freiwinkel muss ausreichend groß sein, sodass immer nur die Schneide am Werkstück anliegt.
- Es ist für eine gute Spanabfuhr vom Werkstück zu sorgen.
- Die Kühlung ist im Falle großer Wärmeentwicklung sicherzustellen (z. B. beim Bohren).

### Zerspanungskräfte

Da die auftretenden Kräfte bei der Zerspanung der technischen Kunststoffe bedeutend geringer sind als bei Metallen, genügen demzufolge auch kleinere Aufspankräfte. Da diese Materialien nicht so steif sind wie Metalle, muss man während der Bearbeitung die Teile ausreichend stützen. So werden beispielsweise beim Drehen des Außendurchmessers von dünnwandigen Buchsen oft seitliche Stützzentrierscheiben verwendet.

### Werkzeuge

Kohlestoffstahl, HSS und Hartmetall Bearbeitungswerkzeuge kommen zur Anwendung. Wolfram Hartmetallwerkzeug oder Diamantschneiden werden bei Serienfertigungen bevorzugt und sind unumgänglich bei der Bearbeitung thermoplastischer Kunststoffe mit Glasfaser- oder Kohlefaserzusätzen.

### Kühlung

Wo eine Kühlung infolge hoher Bearbeitungstemperaturen notwendig ist, können die üblichen Kühlmittel oder Bohremulsionen verwendet werden. Nicht aber für amorphe Kunststoffe, welche zur Spannungsrissbildung neigen, wie PC 1000. Für diese Materialien sind Wasser oder Pressluft die geeignetsten Kühlmittel.

### Bearbeitungstoleranzen

Die Bearbeitungstoleranzen für Werkstücke aus thermoplastischen Kunststoffen sind wesentlich größer als die, die normalerweise bei Metallteilen angewendet werden. Die Gründe hierfür sind: der bedeutend größere thermische Ausdehnungskoeffizient der Kunststoffe, die Volumenänderung durch Feuchtigkeitsaufnahme und die durch das Freiwerden von Restspannungen während und nach der Bearbeitung auftretenden Verformungen. Das letztere Phänomen wirkt sich besonders gravierend aus bei großvolumigen Änderungen des Querschnittes sowie bei asymmetrisch bearbeiteten Teilen. In diesen Fällen, abhängig von den notwendigen Toleranzen, erweist sich eine thermische Behandlung (Verfahren zum Reduzieren der Restspannungen) nach einer vorgängigen Bearbeitung und vor der Fertigstellung des Teiles als notwendig. Als Grundregel trifft für gedrehte und gefräste Teile zu, dass eine Fertigmaßtoleranz von 0,1 bis 0,2% der Nominalabmessung eingehalten werden kann und dies ohne besondere vorsorgliche Maßnahmen (minimale Toleranz für kleine Abmessungen ist 0,05 mm). In diesem Zusammenhang können die ISO 2768, die DIN 7168 sowie die Schweizer „Empfehlungsschrift zur Anwendung kunststoffgerechter Maßtoleranzen“ des Fachverbandes VKI/KVS als Richtlinie verwendet werden.

### Drehen

Die empfohlenen Werkzeugswinkel, Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe finden Sie in der Tabelle auf Seite 13/107.

### Fräsen

Die für Leichtmetalle gebräuchlichen Fräsmaschinen können verwendet werden. Einschneidewerkzeuge bieten den Vorteil der optimalsten Spanabfuhr.

### Bohren

HSS-Spiralbohrer sind meistens gut geeignet. Eine gute Kühlung mit flüssigem Kühlmittel ist beim Bohren wegen der großen Wärmeentwicklung unerlässlich. Zur Erreichung einer guten Wärme- und Spanabfuhr ist der Bohrer regelmäßig aus dem Bohrloch zu ziehen, besonders wenn es sich um tiefe Bohrungen handelt.

Vor allem bei größeren Bohrern muss zu Verringerung der Reibwärme die übliche Breite der Bohrerseele an der Spitze vermindert werden. Bei Bohrungen mit großem Durchmesser muss stufenweise vorgegangen werden, z. B. für eine Bohrung von  $\varnothing 50$  mm: nacheinander  $\varnothing 15$ ,  $\varnothing 25$ . Danach sollte der Durchmesser mit größeren Bohrern oder mit einem Innendrehmeißel vergrößert werden.

Um Risse zu vermeiden, wird für Rundstäbe aus ERTALON® 66-GF 30, Ertalyte® und Ertalyte® TX mit einem Durchmesser > 100 mm sowie für ERTALON®/NYLATRON® mit einem Durchmesser > 200 mm zum Bohren der Löcher empfohlen, unter keinen Umständen HSS-Spiralbohrer zu benutzen; stattdessen sollen die Löcher mit einem steifen Flachdrehmeißel, dessen Schneidekante exakt auf Zentrumshöhe gesetzt wird, ausgedreht werden (siehe auf Seite 13/107).

# Hinweise zur spangebenden Bearbeitung von Thermoplasten

## PE/PP, H-PVC, PA, POM, PC/PET etc.

Beim Bohren von Durchgangslöchern sollte am Ende des Bearbeitungsvorgangs der Vorschub reduziert werden, damit verhindert wird, dass der Bohrer oder der Flachdrehmeißel auf der Ausgangsseite durchstößt, was ein Ausbrechen der Kanten verursachen könnte. Wann immer möglich sind maschinelle Vorschübe zu verwenden, um eine Überbeanspruchung des Kunststoffes durch den ungleichmäßigen Hand-Vorschub zu vermeiden.

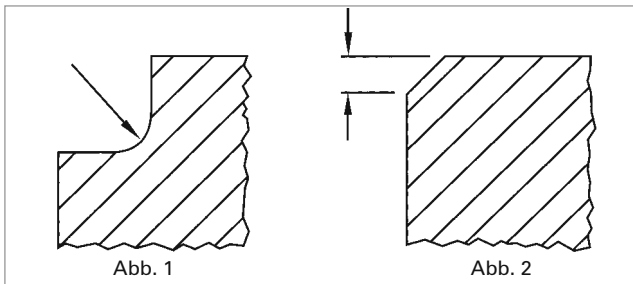
### Sägen

Besonders geeignet sind Bandsägen, Kreissägen oder Bügelsägen mit einer relativ großen Zahnteilung und einer leichten Zahnschrägung, damit eine gute Spanabfuhr erreicht und keine Hemmung des Sägeblattes herbeigeführt wird. Um Vibrationen und daraus resultierende unsaubere Schnittkanten oder sogar Bruch zu vermeiden, müssen die zu spanenden Teile richtig am Werkstück festgespannt werden.

Verstärkte Materialien, wie ERTALON® 66-GF30, werden vorzugsweise mit einer Bandsäge geschnitten, deren Blatt eine Zahnteilung von 4 bis 6 mm hat. Das Verwenden von Kreissägen verursacht oft Risse und wird daher nicht empfohlen.

### Sicherheit

Um Gefahren vorzubeugen, beachten Sie bitte die generellen industriellen Sicherheitsvorschriften ebenso wie die entsprechenden Angaben in den Sicherheitsdatenblättern.



### PC/PET

In Anbetracht der großen Härte und mäßigen Zähigkeit dieser Materialien müssen einige zusätzliche Bearbeitungsregeln beachtet werden, um ein vorzeitiges Materialversagen zu verhindern. Schon in der Konstruktion und während der Montage sollte die Möglichkeit auftretender Spannungskonzentrationen berücksichtigt werden. Dies ist vor allem bei Säge- und Bohroperationen zu beachten.

### Einige Tipps

- Auf geringe, beziehungsweise mäßige Aufspannkräfte ist zu achten.
- Scharfe „Innenecken“ sind zu vermeiden. Der Mindestradius ist 1 mm (siehe Abb. 1).
- Um ein Ausreißen von Kanten beim Drehen, Bohren und Fräsen zu vermeiden, sind Anfasungen empfehlenswert, da sie zwischen Schneidwerkzeug und Kunststoffteil einen fließenderen Übergang bieten (siehe Abb. 2).
- Scharfe V-Gewinde sollten vermieden werden. Gewinde mit einem abgerundeten Fuß sollten wenn möglich benutzt werden.
- Die Verwendung von gewindeschneidenden und gewindeprägenden Schrauben ist nicht zu empfehlen. Vor allem die letzteren verursachen um die Bohrung herum erhebliche Spannungen und öfter auch Risse an diesem Punkt.
- Wenn Gewinde angebohrt oder Bolzen in Sacklöcher montiert werden, sollte darauf geachtet werden, dass der Boden des Loches nicht direkt durch die Spitze des Gewindeschneiders oder des Bolzens beansprucht wird, da dies ebenfalls Rissbildung hervorrufen kann.

## Werkzeug-Geometrie, Geschwindigkeiten und Vorschübe für das Sägen, Drehen, Fräsen und Bohren

	Drehen					Fräsen				Bohren					Sägen									
	$\alpha$	$\gamma$	$\eta$	s	v	$\alpha$	$\gamma$	s	v	$\alpha$	$\gamma$	$\phi$	s	v	$\alpha_c$	$\gamma_c$	$t_c$	$v_e$	$\alpha_e$	$\gamma_e$	$t_e$	v		
Polyamide PE/PP	5-15	0-10	0-45	0,05-0,5	200-500	5-15	0-10	up to 0,05	200-500	10-15	3-5	90-120	0,1-0,3	50-100	10-15	0-15	8-35	1000-3000	25-40	0-8	4-10	50-500		
POM HPVC	5-15	0-10	0-45	0,05-0,5	200-500	5-15	0-10	up to 0,05	200-400	10-15	3-5	90-120	0,1-0,3	50-100	10-15	0-15	8-45		25-40	0-8	4-10	50-500		
PC PET	5-15	0-10	0-45	0,05-0,5	200-400	5-15	0-10	up to 0,05	150-300	10-15	3-5	90-120	0,1-0,3	50-80	10-15	0-15	8-25		25-40	0-8	4-10	50-400		

# Hinweise zur spangebenden Bearbeitung von Thermoplasten

## PE/PP, H-PVC, PA, POM, PC/PET etc.

### Allgemeines

Können bei der mechanischen Bearbeitung von technischen Kunststoffen, die im Maschinenbau von der Metallbearbeitung her bekannten engen Passungen eingehalten werden?

Grundsätzlich weitgehend ja, denn die Bearbeitung erfolgt auf den gleichen Präzisionsmaschinen, wie diese von der Metallbearbeitung her bekannt sind.

### Umwelteinflüsse

Zu beachten ist aber, dass durch Umwelteinflüsse wie Temperaturveränderung oder teilweise Neigung der Kunststoffe zu Feuchtigkeitsaufnahme bzw. -abgabe sich die bei der Bearbeitung eingehaltenen Passungen sehr schnell über die zulässigen Toleranzbereiche hinaus verändern. Die nachträglichen Maßänderungen müssen bei der Konstruktion eines Maschinenteils aus Kunststoff berücksichtigt werden und es sollten möglichst von vorneherein Toleranzen festgelegt werden, die diese im späteren Einsatz durch die kunststoffspezifischen Eigenschaften zu erwartenden Maßabweichungen berücksichtigen und die vorgesehene Funktion des Maschinenteils gewährleisten. Es wäre also wenig sinnvoll, z. B. bei der Bearbeitung eine Passung H7 einzuhalten, die dann nach kurzer Zeit gemessen durch Umwelteinflüsse sich über den zulässigen Bereich hinaus verändert hat. Vielmehr würden nicht kunststoffgerecht tolerierte Teile vielfach gar nicht ihre vorgesehene Funktion erfüllen, z. B. wenn eine Lagerbuchse wegen zu geringem Lagerspiel schon bei einer geringen Temperaturerhöhung durch seine äußere Fixierung in einem Metallgehäuse in der Bohrung auf die Welle aufschumpft.

### Wärmedehnung

Kunststoffe verändern sich maßgeblich auf Grund der relativ hohen Wärmedehnung. Die lineare Wärmedehnzahl gibt an, wieviel sich die Länge eines Kunststoffteils vergrößert, wenn die Temperatur um 1 °C erhöht wird.

Alle amorphen thermoplastischen Kunststoffe sind anfällig für Spannungsrissbildung. Kühlflüssigkeiten auf öllösllicher Basis dürfen bei der Zerspannung nicht verwendet werden. Wasser oder Pressluft ist bei diesem Material zu bevorzugen.

### Berechnungsformel und Beispiel für die Längenänderung

Gl.(1)

Die thermische Längenänderung errechnet sich zu

$$\Delta l = l \cdot \alpha \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1) \text{ [mm]}$$

$\Delta l$  = Längenänderung in mm

$l$  = Länge bei Temperatur  $\vartheta_1$  in mm

$\alpha$  = lineare Wärmedehnzahl in  $10^{-5} \cdot 1/^\circ\text{C}$

$\vartheta_1$  = Einbautemperatur in °C (Bezugstemperatur 20 °C)

$\vartheta_2$  = Betriebstemperatur in °C

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass die Wärmeausdehnung von Stahl nur  $\frac{1}{10}$  so groß wie die der meisten Kunststoffe ist. Daraus ergeben sich wichtige Konsequenzen für die konstruktive Gestaltung von Maschinenteilen.

Werkstoffbezeichnung	DIN-Kurzzeichen	Lin. therm. Längenausdehnungskoeff. $10^{-5}/^\circ\text{C}$
Polyamid 6	PA 6-E	8
Polyamid 6-6	PA 6-6	8
Polyamid 6-G/mod. mit Oel	PA 6-G	7,5
Polyamid 11	PA 11	15
Polyamid 12	PA 12	12
Polyamid 6 + Glasfaser	PA 6-GF	2,5
Polyacetal (Hostaform)	POM-Cop.	11
Polyacetal + Glasfaser	POM-GF	3
Polyester thermopl.	PETP®	8
HMW-PE RCH 1000/RCH 500	PE	20
Polypropylen	PP	18
Polyvinylchlorid hart	PVC hart	8
PTFE/Teflon-Hostaflon	PTFE	19,5
PTFE + 25 % Glas	PTFE/Glas	12,6
PTFE + 25 % Kohle	PTFE/Kohle	10,7
PTFE + 40 % Bronze	PTFE/Bronze	9,7
Polycarbonat	PC	6
Hartgewebe 2082/DIN 7735	HGW	3,5
Stahl (zum Vergleich)	ST	1,2

Gl.(2)

Die Volumenänderung errechnet sich zu

$$\Delta V = V \cdot \beta \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_1) \text{ [mm}^3\text{]}$$

$\Delta V$  = Volumenänderung in  $\text{mm}^3$

$V$  = Volumentemperatur  $\vartheta_1$  in  $\text{mm}^3$

$\beta$  = Linearer thermischer Volumenausdehnungskoeffizient  $10^{-5} \cdot 1/^\circ\text{C}$

$\vartheta_1$  = Einbautemperatur in °C (Normaltemperatur 20 °C)

$\vartheta_2$  = Betriebstemperatur in °C

Wird für Gleichung (2) vorausgesetzt, dass die thermische Längenänderung in keiner Richtung behindert wird, dann gilt  $\beta = 3 \cdot \alpha$  [ $10^{-5} \cdot 1/^\circ\text{C}$ ].

# Hinweise zur spangebenden Bearbeitung von Thermoplasten

## PE/PP, H-PVC, PA, POM, PC/PET etc.

### Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe

Bei der Bemaßung und Festlegung von Toleranzen ist bei Polyamidteilen noch zu beachten, dass die Polyamide Wasser aufnehmen.

Die Höhe der Wasseraufnahme hängt von der relativen Feuchtigkeit der Umgebung ab und dem Kristallinitätsgrad des Materials. Im Normalklima nach DIN 50014 erreicht Polyamid 6 z. B. einen Feuchtigkeitsgehalt von etwa 2,5 – 3%. Bei Halbzeugen kann im Anlieferungszustand von einem Feuchtigkeitsgehalt von ca. 1 – 2 % ausgegangen werden. Die Feuchtigkeitsaufnahme verursacht gegenüber dem Trockenzustand eine Volumenzunahme, also auch eine Maßänderung.

Die Feuchtigkeitsaufnahme bzw. -abgabe geschieht nach den Diffusionsgesetzen und geht in natürlicher Atmosphäre sehr langsam vor. Damit ziehen kurzzeitige Schwankungen der relativen Feuchtigkeit nur geringe Änderungen des Feuchtigkeitsgehaltes der Polyamide nach sich und auch Maßänderungen bleiben entsprechend gering. Maßänderungen durch Feuchtigkeitsaufnahme sind deshalb nicht überzubewerten und nehmen lange nicht die Dimensionen der Maßänderungen durch Temperaturunterschiede ein.

Bei Maschinenelementen, die immer unter Wasser arbeiten, z. B. Schiffsrunderlager, kann eine Konditionierung vor der Fertigbearbeitung vorgenommen werden, sodass eine zusätzliche Maßänderung durch Feuchtigkeitsaufnahme weitgehend ausgeschlossen wird.

Zu erwähnen sei noch, dass die Feuchtigkeitsaufnahme bei Gusspolyamid auf Grund der hohen Kristallinität des Materials weitaus geringer ist als bei extrudiertem Polyamid 6 oder 6-6.

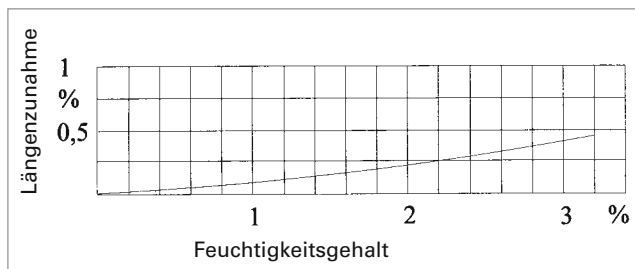


Diagramm 1  
Längenzunahme in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt von PA 6 bei Lagerung im Wasser von Raumtemperatur, gemessen an Normkleinstäben.

### Innere Restspannung

#### Beseitigung von inneren Spannungen

Bei der Herstellung von Thermoplast-Halbzeugen ist es nicht immer zu vermeiden, dass innere Spannungen entstehen, besonders bei Typen, die stark kristallisieren. Es handelt sich hier in erster Linie um die Polyamid-66-Typen, aber auch um Qualitäten, die durch Beimischung von Molybdändisulfid, Graphit, Titandioxid, Glasfaser oder anderen kristallisationserregenden Zusätzen ein stark kristallines Gefüge aufweisen. Bei größeren Dimensionen können derartige restliche innere Spannungen beim Durchbohren zu Rissbildungen oder nachträglichen Dimensionsänderungen führen. Um Rissbildungen beim Durchbohren zu vermeiden, kann es in schwierigen Fällen notwendig sein, das Werkstück bis 150 °C zu erwärmen und in noch warmem Zustand zu durchbohren und/oder vorzubearbeiten. Nach dieser Vorbehandlung ca. 24 Std. Zwischenlagerung zur Beruhigung des Materials einplanen (z. B. im Wärmeofen bei ca. 150 °C, pro 1 mm Wanddicke ca. 5 min) und nachfolgende langsame Abkühlung.

### Toleranzen

Das Einhalten sehr enger Toleranzen – beispielsweise einige µm – wird gegenstandslos, da thermoplastische Werkstoffe durch ihre verhältnismäßig große Volumenausdehnung bei Erwärmung und bei Feuchtigkeitsaufnahme Dimensionsschwankungen ausgesetzt sind. Bei der Konstruktion bzw. Auslegung von Bauteilen aus thermoplastischen Kunststoffen sollten zu erwartende Maßveränderungen durch Umwelteinflüsse wie Temperatur und Feuchtigkeit durch entsprechend vergrößertes Spiel der Funktionsmaße berücksichtigt werden. Die zu erwartenden Abmessungsveränderungen, verursacht durch Temperatur- und Feuchtigkeitseinfluss, lassen sich anhand der technischen Daten für den Werkstofftyp genau berechnen.

► Diese Angaben sollen eine wertvolle Hilfe bei der Werkstoffauswahl sein. Die hier aufgeführten Daten liegen im normalen Bereich der Produkteigenschaften. **Sie stellen jedoch keine zugesicherten Eigenschaftswerte dar und sollen nicht zu Spezifikationszwecken oder als alleinige Grundlage für Konstruktionen herangezogen werden.**

# Klebertechnik

## Übersicht der verschiedenen Klebstofftechnologien

### Anaerobe Klebstoffe

Anaerobe Klebstoffe sind Einkomponentenklebstoffe, die unter Sauerstoffabschluss und durch Metallkontakt bei Raumtemperatur aushärten. Generell werden anaerobe Klebstoffe zum Sichern von Gewinden und zum Befestigen von Lagern, Wellen, Stehbolzen etc. eingesetzt.

#### A. Schraubensicherungen

Schraubensicherungen sind eine gute Alternative zu mechanischen Sicherungen. Ob dauerhaft fest oder demontierbar – sie können Fertigungs- und Reparaturkosten senken, indem sie das Lösen von Schrauben sowie Festfressen und Korrosion von Gewindeverbindungen verhindern.

Schraubensicherungen verhindern den Verlust der Vorspannung und sichern Schraubverbindungen gegen selbstständiges Lösen durch Vibrations- und Stoßbelastungen. Der Klebstoff füllt aufgrund seiner guten Fließfähigkeit die Zwischenräume im Gewinde vollständig aus, sichert die Verbindung und erzielt konstante Klemmkraft. Bei Gewindeverbindungen erzielen Schraubensicherungen durch Stoffschluss im Gewinde eine Sicherung gegen Losdrehen sowie wirksamen Korrosionsschutz.

#### Vorteile von Schraubensicherungen gegenüber herkömmlichen mechanischen Sicherungen

- verhindern unerwünschte Bewegungen, selbstständiges Lösen, Leckagen und Korrosion im Gewinde
- vibrationsbeständig
- einkomponentig – sauber und einfach aufzutragen
- für alle Gewindegrößen – geringe Lagerhaltungskosten
- Durchgangsgewinde werden gleichzeitig gedichtet



#### B. Fügeklebstoffe/Welle-Nabe Verbindung

Fügeklebstoffe befestigen Lager und andere zylindrische Bauteile auf Wellen und in Gehäusen. Sie optimieren die Kraftübertragung, erlauben gleichmäßige Spannungsverteilung und verhindern Reibkorrosion und Passungsrost. Der Klebstoff wird im flüssigen Zustand aufgetragen und stellt hundertprozentigen Kontakt zwischen den metallenen Fügeflächen her. Fügeklebstoffe füllen den Spalt zwischen den gefügten Teilen aus und bilden nach der Aushärtung eine starke Präzisionsverbindung.

#### Fügeklebstoffe sind den herkömmlichen Fügeverfahren weit überlegen

- Passfederverbindungen: Weisen eine ungleiche Masseverteilung

auf. Diese Unwucht führt bei höheren Drehzahlen zu Vibrationen.

- Keilprofile, Stifte und Zahnprofile: Verursachen Spannungsspitzen durch die „Kerbwirkung“ im Bereich der Feder. Hohe Fertigungskosten.
- Klemmsitz, Presssitz, Schrumpfsitz und Kegelsitz: Sie sind zur Übertragung des Drehmoments ausschließlich von der Reibung abhängig, die durch den Werkstoff, die Oberflächenbeschaffenheit und die Konstruktion gegeben ist. Außerdem sind sehr enge Toleranzfelder erforderlich, um bestimmte Drehmomente übertragen zu können – und dies führt zu hohen Fertigungskosten. Übermaßpassungen können durch ihre oft schon hohe Eigenspannung vor allem im Zusammenspiel mit Betriebsbelastungen zum Versagen führen.
- Schweißen und Löten: Es können nur gleichartige Metalle miteinander verbunden werden; durch die hohen Temperaturen beim Schweiß- bzw. Lötvorgang können sich die Werkstücke verziehen. Außerdem kann das Erwärmen des Materials zu inneren Spannungen und zu einer Minderung der Gefügesteifigkeit führen. Eine Demontage ist nicht oder nur schwer möglich.

#### Vorteile von Fügeklebstoffen gegenüber herkömmlichen Fügeverfahren

- hochfeste Produkte für hohe Kraftübertragung
- füllen alle Zwischenräume aus und verhindern Korrosion und Passungsrost
- 100%iger Oberflächenkontakt – Kräfte und Spannungen werden gleichmäßig verteilt
- Temperaturbeständigkeit bis 150 °C. Spezial-Fügeklebstoffe, die bis 230 °C beständig sind



### Strukturelle Klebstoffe

Strukturelle Klebstoffe wurden entwickelt, um ein breites Spektrum an Anwendungen im Bereich des industriellen Klebens, Dichtens und bei Montageanforderungen zu erfüllen. Sie erzielen hohe Festigkeit beim Kleben, lange Lebensdauer und zuverlässige Ergebnisse auf den verschiedensten Materialien und für ein breites Anwendungsspektrum.

#### A. Sofortklebstoffe (Cyanacrylate)

Sofortklebstoffe sind einkomponentige, bei Raumtemperatur härtende Klebstoffe, die in vielen verschiedenen Viskositäten erhältlich sind. Sie werden meist eingesetzt, um schnelle, zuverlässige, leistungsstarke Klebungen mit zahlreichen Werkstoffen in wenigen Sekunden herzustellen. Sie härten zwischen zwei eng aneinanderliegenden Flächen sehr schnell aus und werden zum Kleben von kleinen bis mittleren Teilen verwendet.

# Klebertechnik

## Übersicht der verschiedenen Klebstofftechnologien

Wegen ihres eingeschränkten Spaltfüllvermögens erfordern sie genau passende Oberflächen. Sie haften hervorragend auf den meisten Werkstoffen, und die Klebefestigkeit bei Scher- und Zugbelastung ist sehr gut.

### Vorteile der Sofortklebstoffe

- sauber und einfach aufzutragen
- sehr schnelle Positionierung und Handfestigkeit
- verbinden von unterschiedlichsten Materialien
- Extrem breites Haftspektrum, insbesondere auf Kunststoffen und Elastomeren. Für Klebungen auf Metall oder porösen Materialien werden spezielle Formulierungen angeboten.
- Die Klebung von schwerklebbaren Materialien wie PP, PE, POM, PTFE oder Silikon kann durch spezielle Primer unterstützt werden.
- hohe Festigkeit auf kleinsten Klebeflächen
- frei von Lösungsmitteln
- keine komplexe Bauteilgeometrie erforderlich, wie z. B. für Schnappverbindungen



### B. Acrylate

Acrylate werden hauptsächlich für hohe Kraftübertragung eingesetzt, wo sie herkömmliche mechanische Verbindungstechniken ersetzen. Teile, die mit Acrylaten verbunden werden, bilden eine stoffschlüssige Verbindung. Mechanische Eigenschaften wie hohe Festigkeit, hoher Schubmodul und hohes Haftvermögen haben sich für vielfältige Anwendungen bewährt.

### Vorteile der Acrylate

- Verwindungssteife bis leicht flexible Verbindungen
- 1 oder 2K-Lösung
- für kleine Flächen
- sehr hohe Festigkeit
- gute Chemikalienbeständigkeit



### C. Epoxidharze

Epoxidharz-Klebstoffe werden hauptsächlich für hohe Kraftübertragung eingesetzt, wo sie herkömmliche mechanische Verbindungstechniken ersetzen. Beim Verbinden von Teilen mit Epoxidharzen entsteht eine stoffschlüssige Verbindung. Eigenschaften wie hohe Festigkeit, hoher Schubmodul und hohes Haftvermögen bewähren sich in der Praxis auch bei besonders anspruchsvollen Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt und in der Automobilindustrie.

### Vorteile der Epoxidharze

- starre Klebungen
- 1 oder 2K-Lösung
- Überbrückung größerer Spaltbreiten
- sehr hohe Festigkeit
- für kleine bis mittlere Flächen
- sehr gute Chemikalienbeständigkeit



### D. Kontaktklebstoffe

Kontaktklebstoffe sind sowohl Lösemittelklebstoffe als auch Dispersionsklebstoffe, die im Kontaktklebeverfahren verarbeitet werden. Zunächst werden beide Klebeflächen mit Klebstoff bestrichen. Dann lässt man das Lösemittel/Wasser abfließen. Danach werden die Klebeflächen zusammengefügt. Eine Korrektur ist nicht mehr möglich. Die Klebung ist sofort nach dem Fügen belastbar. Die Endfestigkeit wird nach einigen Tagen erreicht, wenn die Restlösemittel aus der Klebfuge entwichen sind. Sie zeigen eine gute Anfangsfestigkeit und erzielen hohe Endfestigkeiten auf unterschiedlichen Materialien.

### Elastische Klebstoffe

Beim elastischen Kleben werden zwei gleiche oder unterschiedliche Werkstoffe mit Hilfe eines elastischen Klebstoffs miteinander verbunden. Der Vorteil von elastischen Klebstoffen besteht darin, dass sie auftretende Bewegungen zwischen den Teilen tolerieren. Viele Klebstoffe aus dieser Palette weisen neben ihrer Elastizität auch eine hohe innere Festigkeit (Kohäsion) und einen vergleichsweise hohen E-Modul auf. Sie erlauben dadurch stoffschlüssige Verbindungen, die auch elastische Eigenschaften besitzen.

### A. Silikone

Silikone vernetzen durch Luftfeuchtigkeit (1K), nach dem Mischen (2K) oder durch Temperatureinwirkung zu einem gummiartigen Hochleistungselastomer. Das ermöglicht elastisches Kleben und Dichten mit hoher Flexibilität. Silikone zeichnen sich durch ihre UV-Beständigkeit, Medienbeständigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit aus.

# Klebertechnik

## Übersicht der verschiedenen Klebstofftechnologien

### Vorteile der Silikone

- elastisches Kleben und Dichten mit hoher Flexibilität
- 1 oder 2K-Lösung
- hervorragende Temperaturbeständigkeit
- ausgezeichnete UV- und chemische Beständigkeit z. B. in Kontakt mit Öl, Wasser, Glykol
- Haftung auf vielen Werkstoffen ohne Primer
- ausgezeichnete Witterungs- und Strahlungsbeständigkeit
- ausgezeichnete Umweltverträglichkeit und physiologische Unbedenklichkeit
- wasserabweisende Oberfläche und geringe Feuchtigkeitsaufnahme
- hohe chemische Reinheit



### B. Polyurethane

Polyurethanklebstoffe sind vorwiegend als 1K-Produkte auf dem Markt. Sie härten durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit zu einer elastischen Masse aus. Je nach Einstellung sind diese Materialien weich bis hartelastisch, aber auch spachtelbar/verstreichbar.

### Vorteile der Polyurethane

- leicht flexible Verbindungen
- Überbrückung größerer Spaltbreiten
- hohe Festigkeit
- für mittlere bis großflächige Anwendungen
- gute Chemikalienbeständigkeit

### C. MS-Polymere

Silanmodifizierte Kleb- und Dichtstoffe auf Basis von MS-Polymeren sind als 1K-Systeme konzipiert und härten durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit zu Hochleistungselastomeren aus. Sie enthalten in ihrer Rezeptur einen Haftvermittler (Primer).

### Vorteile der MS-Polymere

- ausgezeichnete Haftung auf nahezu allen Materialien
- hervorragende Witterungs- und Alterungsbeständigkeit
- elastisches Kleben, Dichten und Beschichten

## Dichtstoffe

Dichtstoffe fügen unterschiedlichste Materialien zusammen. Sie dichten Flächen, Wellen, Verschraubungen, Fugen oder Nähte. Dichtstoffe sind Pasten oder Flüssigkeiten, die entweder in ihrem liquiden Zustand verbleiben oder erst beim Einsatz härten. Kein Dichtstoff kann alle Anforderungen gleichermaßen erfüllen. Je nach Verbindungstyp und Einsatzgebiet muss der richtige Dichtstoff ausgewählt werden. Das Spektrum reicht von nicht aushärtenden, dauerplastischen Dichtstoffen über härtende bis

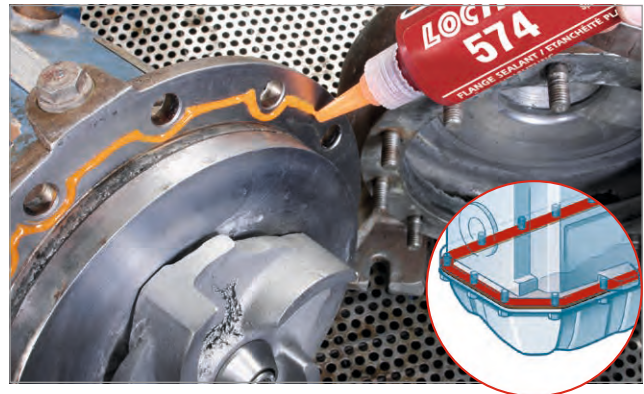
zu starr härtenden, nicht flexiblen Systemen. Spezielle Typen sind beständig gegen aggressive Chemikalien wie Säuren oder Laugen und andere Dichtstoffe halten auch extremster Hitze halt.

### A. Flächendichten

Flächendichtungen verhindern das Entweichen von Flüssigkeiten oder Gasen, indem sie undurchlässige Barrieren bilden. Diese Dichtungen müssen also über einen längeren Zeitraum hinweg unversehrt und dicht bleiben. Das Dichtungsmaterial muss gegen die flüssigen und/oder gasförmigen Medien sowie gegenüber den Betriebstemperaturen und -druckverhältnissen, denen es ausgesetzt ist, beständig sein. Flächendichtungen sind selbstformende Dichtungen, die Flansche bei maximalem Flächenkontakt perfekt abdichten und einen wirksamen Korrosionsschutz zwischen den Flanschen erzielen. Bereits unmittelbar nach der Montage wird eine gute Beständigkeit gegen niedrige Drücke erzielt. Innerhalb von ca. 24 Stunden entsteht eine stoffschlüssige Dichtverbindung, die sich nicht setzt, reißt oder schrumpft.

### Vorteile von Flächendichtungen gegenüber herkömmlichen Feststoffdichtungen

- einkomponentig – einfach und sauber aufzutragen
- Ersatz von herkömmlichen Feststoffdichtungen – geringerer Lagerbedarf
- füllt Rautiefen und Gestaltsabweichungen
- keine Setzerscheinungen, kein Nachziehen der Schrauben erforderlich
- ausgezeichnete sofortige Dichtwirkung
- hohe Beständigkeit gegen Lösungsmittel und Schmierstoffe
- nach der Aushärtung beständig gegen hohe Drücke



### B. Gewindedichten

Gewindedichtungen verhindern das Entweichen von gasförmigen und flüssigen Medien. Sie können für Anwendungen bei niedrigen und hohen Drücken eingesetzt werden. Dabei füllen sie die Zwischenräume im Gewinde aus und erreichen eine sofortige Dichtwirkung gegen niedrige Drücke. Voll ausgehärtet können sie Verbindungen bis zum Berstdruck der meisten Rohrleitungen abdichten.

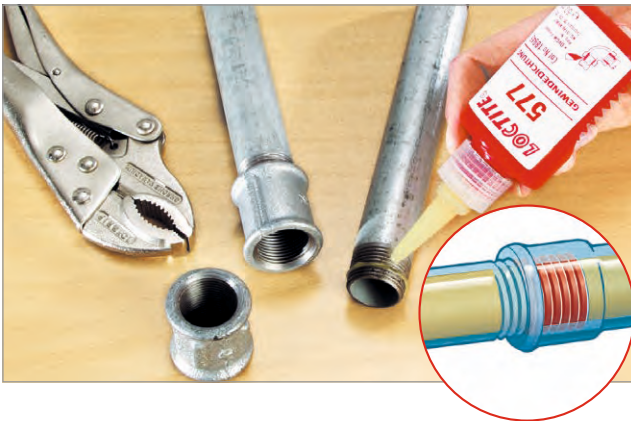
### Vorteile der Gewindedichtungen gegenüber herkömmlichen Dichtungsmitteln

- einkomponentig – sauber und einfach aufzutragen
- kein Kriechen, Schrumpfen oder Verstopfen von Anlagen
- kann für Rohrgewindeverbindungen in allen Größen verwendet werden
- ersetzt Dichtbänder sowie Hanf plus Paste

# Klebertechnik

## Übersicht der verschiedenen Klebstofftechnologien

- Die Dichtung ist beständig gegen Vibrations- und Stoßbelastungen.
- Produkttypen mit mehreren Freigaben, z. B.: KTW-Freigabe für Trinkwasser, DVGW-Freigabe für Gas- und Wasserversorgung
- verhindert Korrosion im Gewinde



### C. Elastische/plastische Dichtstoffe

Das Abdichten von Fugen und Nähten stellt besondere Ansprüche an die Elastizität des Dichtstoffs. Häufig müssen die Dichtstoffe hier auf den unterschiedlichsten Untergründen haften, höheren Temperaturen standhalten und zusätzlich gegen verschiedenste Chemikalien beständig sein.

Nutabdichtungen finden sich häufig in der Klima- und Lüftungstechnik, im Maschinenbau und bei Lackieranlagen. Besonders wenn es um das Abdichten von Bauteilen geht, die eine Nut aufweisen und großen Temperaturschwankungen, Stößen und heftiger Vibration ausgesetzt sind, werden große Anforderungen an die thermische Stabilität und Elastizität des Dichtstoffes gestellt.

**Elastische Dichtstoffe:** Sie erzielen ihre Dichtwirkung durch Haftung auf den Oberflächen. Durch sein elastisches Verhalten bildet der Dichtstoff eine Barriere, die das Eindringen von Medien verhindert; Relativbewegungen werden jedoch toleriert.

**Plastische Dichtstoffe:** Unter Krafteinwirkung verformt sich jeder Dichtstoff. Diese Verformung hat sowohl einen plastischen (verformbaren) als auch einen elastischen (gummiartigen) Anteil. Wenn der plastische Anteil überwiegt, spricht man von einem plastischen Dichtstoff.

### Vorteile beim elastischen/plastischen Kleben und Dichten

- verbessertes optisches Erscheinungsbild
- neue konstruktive Möglichkeiten
- Einsatz von neuen Werkstoffen einschl. Hochleistungsverbundwerkstoffen
- weniger Teile
- verbesserte Zuverlässigkeit und Haltbarkeit
- höhere Qualität
- Gewichtsreduzierung, Leichtbau-Konstruktion
- effizienter Fertigungsprozess, weniger Produktionsschritte
- Kostensenkung

### D. Dichtbänder

Aufgrund ihrer Eigenklebrigkeit haften Butyl- und Polyisobutylen-dichtstoffe auf Metallen, Glas, Keramik, mineralischen Untergründen, Holz, PS, EPDM und anderen Kunststoffen.

### Vorteile der Dichtbänder

- plastisches Dichten
- 1K-Lösung
- Endeigenschaften direkt nach dem Auftrag
- hohe Flexibilität auch bei niedrigen Temperaturen
- ausgezeichnete Haftung auf nahezu allen Materialien
- gute Wasser- und Alterungsbeständigkeit
- niedrige Wasserdampf- und Gasdurchlässigkeit
- selbstverschweißend

Quelle: Henkel AG & Co. KGaA



Unser Klebenavi finden Sie unter:  
[www.reiff-tp.de/klebenavi](http://www.reiff-tp.de/klebenavi)



# Klebertechnik

## Kleben von Kunststoffen

Allgemein gültige Normen und Vorschriften für die Durchführung von Klebungen sind im Kunststoff-Taschenbuch Carl Hanser Verlag ersichtlich.

Haftkräfte beim Verkleben von Kunststoffen lassen sich im Wesentlichen auf Nebenvalenz-, Dipol- und Dispersionskräfte zurückführen. Dabei unterscheiden sich die zu verklebenden Kunststoffe nicht nur nach der vorhandenen Oberflächenenergie (Benetzbarkeit), sondern insbesondere nach dem chemischen Aufbau, der die Ausbildung dieser Kräfte ermöglicht. Die bekannt schwierige Verklebung der unpolaren Polyolefine (Polyethylen) beweist den starken Einfluss der Polaritätseigenschaften. Unpolare Kunststoffe lassen sich daher – bei geringer Festigkeit – nur nach einer Oberflächenbehandlung verkleben. Das Lösungsvermögen bzw. das Diffusionsverhalten der thermoplastischen Kunststoffe macht in vielen Fällen deren Diffusionsverklebung erst möglich. Für die einzelnen Thermoplaste finden zum Anlösen bzw. Anquellen vorwiegend die im Folgenden aufgeführten Lösemittel Verwendung:

PVC:	Tetrahydrofuran, Cyclohexanon
PS:	Toluol, Xylol
PMMA:	Methylenchlorid, Methylethylketon
POM:	Hexafluoracetonesquihydrat
PC:	Methylenchlorid, Tetrahydrofuran
CA:	Methylethylketon, Methylalkohol
PPE:	Chloroform, Toluol
PA:	Ameisensäure
PET:	Benzylalkohol

Im Gegensatz zu den Lösemittelklebstoffen findet bei der Anwendung von lösemittelfreien Reaktionsklebstoffen, sofern sie keine die Fügeiteile anlösenden Monomere enthalten, keine Veränderung der Fügeiteile statt.

Zum Einsatz gelangen im Wesentlichen Klebstoffe auf Basis von Epoxidharzen (EP), Polyurethanen (PUR), Methylmethacrylaten (MMA) und ungesättigten Polyestern (UP).

Eine große Anwendungsbreite haben ebenfalls die Cyanacrylate bei kleinflächigen Kunststoff- bzw. Elastomerklebung gefunden. Die Diffusionsklebung durch Anquellen oder Anlösen der Fügeflächen ist somit bei Thermoplasten mit Ausnahmen (z. B. PE, PP, POM und Polyfluorcarbonen) möglich.

Sie führt zu schweißähnlichen Verbindungen, kann jedoch eine Spannungsrissbildung fördern. Die Adhäsionsklebung durch physikalische und chemische Bindungsvorgänge zwischen Klebflächen und Klebstoff ist bei fast allen Kunststoffen möglich.

### Beispiele für Klebeverbindungen

- In der handwerklichen Verarbeitung klebt man z. B. Acrylglas für geringe Beanspruchung mit Lösemittelklebstoffen. Optisch einwandfrei und witterungsfest sind dabei auspolymerisierende Bindemittel, die in dickerer Schicht z. B. als V-Naht, angewandt werden. Ähnlich klebt man Acrylglas mit Silikatglas, sonst mit Haftklebstoffen. Kleben von PVC DIN 16970. Für aufzuarbeitende GFK-Verstärkungen wird PVC mit einem anlösenden UP-Harz als Haftvermittler behandelt.
- PIB-Bahnen werden auf Beton mit Bitumen-Kunststoff-Schmelzklebstoffen, auf Metalle mit speziellen Kontaktklebstoffen geklebt. Die Richtlinien VDI 2531 bis VDI 2534 geben Einzelheiten über den Oberflächenschutz mit Kunststoffbahnen.
- Für das Verkleben von Kunststoffen, vor allem in Form von Bahnen oder Tafeln mit undurchlässigen Trägern (Metalle, Beton, Stein, Glas) eignen sich Kontaktklebstoffe auf der Basis von Natur- oder Synthese-Kautschuk.

Sie werden meist auf beide Flächen aufgestrichen, die nach weitgehendem Abdunsten des Lösemittels unter Anreiben oder Anklopfen zusammengefügt werden. Gute Kontaktklebstoffe können bei dauernder Schmiegsamkeit erhebliche Scherkräfte aufnehmen, elastisch vernetzende Zweikomponentenklebstoffe auch bei höheren Temperaturen. Polychloroprenklebstoffe verfestigen durch allmähliche Teilkristallisation.

- Zum Verkleben von Kunststoffen, insbesondere Folien, mit porösen Werkstoffen (Papier, Pappe, Filz, Textilien, Leder, Holz) eignen sich lösemittelfreie Dispersions-Klebstoffe. Frischer, flüssiger Klebstoff kann mit Wasser entfernt werden, eingetrockneter nicht. Die Klebungen sind weitgehend feuchtfest.
- Duroplastische Formstücke werden miteinander und mit anderen Werkstoffen mit gleichartigen, kalt oder heiß härtenden Kunstharzen geklebt. Phenolharz-Schichtpressstoffe (aufgeraut oder mit leimfähiger papierrauer Rückseite) binden auch mit Carbamidharz-Leimen ab. Für dekorative Schichtpressstoffe werden außer diesen auch die oben erwähnten Kontakt- und Dispersions-Klebstoffe benutzt. Vulkanfaser und Kunsthorn können untereinander und mit Holz mittels üblicher Holzleime geklebt werden.
- Hochbelastbare Klebeverbindungen von Bauteilen aus faserverstärkten Hochleistungswerkstoffen untereinander oder mit solchen aus anderen Werkstoffen ermöglichen allgemein die lösemittelfreien, drucklos abbindenden Reaktionsharz-Klebstoffe. Cyanacrylat-Einkomponenten-Reaktionsharzklebstoffe werden häufig in der Feinwerktechnik eingesetzt.
- Klebfolien aus thermoplastischen Schmelzklebstoffen, die bei Erwärmung reversibel erweichen, werden in erster Linie zur Verklebung von flächigen Gebilden wie Textilien, Papier, Folienbahnen, Leder und Holzprodukten eingesetzt. Neben „Bügeleisen“ kommen beheizte Formpressen und kalenderartige Kaschieranlagen zur Anwendung, bei denen das Aufschmelzen des Klebstofffilms kontinuierlich durch Strahler, Beflammung oder beheizte Walzen erfolgt.
- Klebefolien aus Reaktiv-Schmelzklebstoffen (Reaktive Hotmelt) auf PUR-Basis bestehen aus PUR-Prepolymeren mit freien endständigen Isocyanatgruppen, die mit Wasser zu Polyharnstoffen reagieren. Um beste Klebung zu erreichen, muss die Klebefolie vor dem Zusammenfügen mit den vorgewärmten zu verklebenden Flächen aus der Luft die erforderliche Wassermenge aufnehmen. Anwendung: Kaschieren von Fensterprofilen.

### Schrauben, Nieten, Schnappen

Als weitere Montageprozesse kommen das Schrauben, Nieten und Schnappen in Betracht. Die entsprechenden Befestigungselemente müssen kunststoffgerecht konstruiert und im Formteil integriert sein (Kunststoff-Taschenbuch, Carl Hanser Verlag). Dort finden sich auch Hinweise zur Dimensionierung von Schraub- und Schnappverbindungen. Kunststoffgerecht ausgelegt, erfordern diese Montageprozesse keine weitere Nachbehandlung der Kunststoffbauteile. So entfällt beispielsweise das Einbringen von Gewindebohrungen und das Schneiden der Gewinde, da entweder selbstschneidende Kunststoffschrauben in die in das Spritzgussbauteil integrierten Schraubtuben eingedreht werden oder bei metrischen Schraubverbindungen das Gewinde in Form eines Metallinserts in das Spritzgießwerkzeug eingelegt wird.

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage  
© Carl Hanser Verlag München, 2007

# Klebertechnik

## Klebeverbindungen: Thermoplaste – Duroplaste – Elastomere

Material		Thermoplaste														Duroplaste				Elastomere																
		ABS	ASA	LCP	PA6	PBT	PC	PE	PEEK	PEI	PES	PET	PI	PMMA	POM	PP	PPO	PS	PTFE	PVC-P	PVC-U	SAN	TPU	EP	MF	PF	UP	CR	EPDM	IR	NBR	NR	PU	SBR	SI	TPE
Cyanacrylate (CA)	CA	1	1	3	1	2	1		3	1	2	1	1	1		1	2			1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	
	CA + Primer	1	1	3		1	2	1	3			1			2	1	2	1	2	1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	UV CA	1	1	3	1	2	1		2	1	1	1	1	1		1	1			1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	
Epoxydharze	1K			2	3	2	2		3	2	2	3	1	3		2								1	2	3	2								3	
	2K	2	3	3	3	3	2		3	2	3	3	1	3		3	3			2	3	2	1	2	1	1	3			3					3	
Acrylate	1K+ Aktivator			3	3				3	3		3	2											2	2	2	2			2					3	
	2K	2	2	3	3	3	2		3	3	3	3	2	2			3			2	2	3	2	2	2	2			2						3	
	Polyolefin-kleber	2	1	3	3	2	2	1	3	3	1	3	2	2		1	2	2		2	1	2	2	2	2	2									3	
	UV-Acrylat	1	2	3	2	2	1		2	1	1	2	3	3		3	3			2	1	1	2	2	2	2	2		2	3	3	3			2	
Polyurethan	2K PUR	2	2	3	3	3	2		3	3	3	2	3	3		3	3			2	3	3	2	2	2	2										
Kontaktkleber	1K			3	2	3						2												2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	
MS-Polymer	1K	1	2		1	2	2		3	3	2	2	2	3		2	3		3	2	2	3	1	2	1	1	3	3	2	3	3		3	3	3	
Silikone	UV-Silikone	1	2	3	1	1	1		2	1	2	2	1	2		2	2		3	2	1	3	1	2	1	1	3	3	2	3	3		3	3	1	
	1K elastisch	2	2		2	2	1		3	3	2	2	3	2		3				2	2	3	2	3	2	2			3					1	2	
Polyurethane	1K elastisch	2	3		2	3	2				3	3	3	3						3	3	3	2	3	2	2			3		3					
Oberflächen-vorbereitung	Reiniger		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Optionale Vorbehandlung	a)		1	1	1			1	1														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	b)		1		1		1	1	1	1	1	1		1									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Legende	sehr gut geeignet	1	mechanisch	a)
	gut geeignet	2	physikalisch	b)
	mäßig geeignet	3		

## Klebarkeit einiger Kunststoffe

Klebarkeit	Kunststoff	Polarität	Löslichkeit	Möglichkeit der	
		+ polar - unpolar	+ löslich - unlöslich bzw. schwer löslich	Diffusionsklebung	Adhäsionsklebung
gut	PS	+/-	+	+ <sup>1)</sup>	+
	PVC-U	+	+	+	+
	PVC-P	+	+	+ <sup>2)</sup>	+
	PMMA	+	+	+/-	+
	PC	+	+	+	+
	ABS	+	+	+	+
	CA	+	+	+	+
	PUR	+	-	-	+
	UP	+	-	-	+
	EP	+	-	-	+
bedingt	PF	+	-	-	+
	UF-MF	+	-	-	+
	PA	+	-	+/-	+
	POM	+	-	-	+
schwer	PET	+	-	-	+ <sup>3)</sup>
	Kautschuk	+	-	+/-	+
	PE	-	-	-	+/- <sup>4)</sup>
	PP	-	-	-	+/- <sup>4)</sup>
	PTFE	-	-	-	+/- <sup>4)</sup>
	SI	+/-	-	-	+

<sup>1)</sup> nicht möglich bei PS-geschäumt  
<sup>2)</sup> nach Vorschrift des PVC-P-Lieferanten  
<sup>3)</sup> nach Vorbehandlung mit Natronlauge (80 °C, 5 min)  
<sup>4)</sup> nur nach Vorbehandlung, PP+PE lassen sich bis zur Materialfestigkeit gut kleben, geringe Schälfestigkeit

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage © Carl Hanser Verlag München, 2007

# Klebertechnik

## Kleben von Metall, Gummi, Glas

### Klebertechnische Eigenschaften von Metallen

#### Festigkeit

Die meisten Metalle zeichnen sich durch eine geringe Verformungsfähigkeit aus. Für die Klebungen bedeutet diese Eigenschaft, dass bei mechanischer Beanspruchung die Klebschichten ebenfalls nur in gleichem Maße Verformungsbeanspruchungen unterliegen.

#### Undurchlässigkeit gegenüber Lösungsmitteln

Diese Eigenschaft führt zu einer Einschränkung der möglichen Klebstoffe. Die einzuhaltende maximale Trockenzeit nach dem Klebstoffauftrag und vor dem Fixieren der Fügeteile ist daher entscheidend für die Herstellung fester und kraftübertragender Klebschichten. Bei Nichteinhaltung dieser Zeit, können Lösungsmittelreste in der Klebschicht eingeschlossen werden und die Festigkeit der Klebung reduzieren. Wegen der Undurchlässigkeit können die Lösungsmittel nachträglich nicht mehr entweichen.

#### Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit der Fügeteile beeinflusst die Temperaturverhältnisse in der Klebefuge während der Aushärtung. Besonders zu beachten ist dies beim Auftrag von Schmelzklebstoffen wegen der schnellen Erstarrung der Schmelze im Grenzschichtbereich und möglicher Beeinträchtigung der Adhäsion. Die Wärmeleitfähigkeit wird in der Dimension W/cmK (Watt pro Zentimeter Kelvin) angegeben:

Aluminium	2,3
Eisen	0,75
Kupfer	3,8
Messing	1,1
Silber	4,2
Edelstähle	0,2-0,5
Gläser	0,01
Kunststoffe	0,002-0,004

#### Temperaturbeständigkeit

Die hohe Beständigkeit gegenüber Wärmebeanspruchung bietet die Möglichkeit des Einsatzes von Klebstoffen, die bei hohen Temperaturen aushärten und besonders hohe Klebefestigkeiten (bis zu 40 MPa) haben.

## Klebarkeit wichtiger Metalle

### Aluminium

- Unedles Metall, welches bei Lagerung verschmutzen kann, so dass keine ausreichende Festigkeit für eine Verklebung garantiert werden kann. Eine mechanische Oberflächenvorbehandlung ist erforderlich.
- festhaftende Haftgrundschichten nur über chemische oder elektrochemische Behandlung erzielbar
- hohe Wärmeleitfähigkeit

### Edelmetalle

- Verarbeitung ohne chemische Oberflächenvorbehandlung
- Mechanische Oberflächenvorbehandlung und Entfetten. Sofortige Klebung, da insbesondere Silber die Oberfläche durch Silbersulfidbildung (Dunkelfärbung) verändern kann.

### Kupfer und Messing

- sehr hohe Wärmeleitfähigkeit

- leicht verformbar; die Verformungseigenschaften der Klebschichten sind bei der Klebstoffauswahl wichtig.
- Je nach vorhandener Legierung kann die Anwendung von wärmehärtenden Klebstoffen zu einer Rekristallisation und abnehmender Festigkeit führen.
- mechanische Oberflächenvorbereitung

### Stähle

- unedle Metalle, die ohne Vorbehandlung nicht geklebt werden können
- mechanische Oberflächenvorbereitung

### Verzinkter Stahl, Zink

- Durch Reaktionen mit Feuchtigkeit, Sauerstoff und Kohlendioxid werden Korrosionsschutzschichten gebildet, die auch bei Temperaturschwankungen nicht abblättern.
- Keine mechanische Oberflächenvorbehandlung, da die Zinkschichten beschädigt werden können. Bei Beschädigung sollte die Klebefuge durch Primer oder Versiegeln vor Unterwanderungskorrosion geschützt werden.

### Kleben von Kunststoff mit Metall

Unter Wärmebeanspruchung dehnen sich Kunststoffe und Metalle unterschiedlich aus. Das Verhältnis des Ausdehnungskoeffizienten liegt bei 1:5 (Metall:Kunststoff). Dieser Unterschied ist bei kleinflächigen Verklebungen unkritisch. Bei großen Klebeflächen oder langen Klebenähten kann es zu Spannungen in der Klebschicht und zu einem Bruch in der Klebung kommen. Elastische Klebstoffe können die in der Klebung auftretenden Spannungen ausgleichen.

### Empfohlene Klebstoffe

- Epoxidharz
- Polyurethan
- MS Polymer
- Methacrylat
- Kontaktklebstoff
- geschäumtes Klebeband

## Verklebung von Glas

### Oberflächenvorbehandlung

Glas bindet sehr leicht Feuchtigkeit an der Oberfläche. Dies kann die Ausbildung von Haftungskräften behindern. Da allerdings mechanische Oberflächenvorbehandlungen nicht in Frage kommen, bietet sich alternativ die Reinigung mit organischen Lösungsmitteln (z. B. Aceton) an. Hierbei wird zwar entfettet, aber die Entfernung des gebundenen Wassers ist nur kurzfristig möglich. Es empfiehlt sich daher die Klebefläche nach dem Entfetten zu erwärmen, damit das gebundene Wasser verdunstet und sofort den Klebstoff aufzutragen. Durch die erwärmte Oberfläche verringert sich jedoch die offene Zeit, so dass die Fügeteile sofort fixiert werden sollten.

### Glas-Glas-Verklebung

Es werden bei Raumtemperatur aushärtende Klebstoffe empfohlen, um innere Spannungen zu vermeiden. Eingeschränkt wird die Klebstoffauswahl dadurch, dass bei vielen Anwendungen eine unsichtbare Klebefuge gefordert wird. Hier können dann oft Cyanacrylate eingesetzt werden. Ist das Erscheinungsbild kein Kriterium, können auch Epoxidharze, Polyurethane, Methacrylate und Kontaktklebstoffe eingesetzt werden.

# Klebertechnik

## Glas-Metall-Verklebung

Ähnlich wie bei Kunststoff-Metall-Verklebungen ist bei Wärmebeanspruchung der unterschiedliche Ausdehnungskoeffizient der beiden Werkstoffe zu beachten. Alu, Stahl, Kupfer oder Messing dehnen sich doppelt so stark aus wie normales Glas. Klebeschichten aus Epoxidharz oder Acrylat haben eine zehnmal so große Wärmeausdehnung. Um Spannungen zu vermeiden, sollten die Verklebungen daher ausreichend flexibel, nicht aber starr und spröde sein.

## Verklebung von Gummi

Der Begriff Gummi stellt eine verbreitete Bezeichnung für vulkanisierte natürliche oder synthetische Kautschuke dar. Je nach Vernetzungsgrad spricht man von Weich- oder Hartgummi. Die verschiedenen Gummisorten haben eine große Elastizität. Daher müssen sich die Klebeschichten bei Beanspruchung ebenso verformen können. Geeignete Klebstoffe sind Lösemittelklebstoffe, Kontakklebstoffe, Polyurethane, MS-Polymere und gegebenenfalls auch Cyanacrylate. Cyanacrylate werden oft bei Stumpf- und Stoßklebungen zur Herstellung von Gummiringen eingesetzt. EPDM lässt sich wegen seiner chemischen Zusammensetzung und der vielfältigen Formulierungen nur sehr eingeschränkt kleben. Gegebenenfalls können Cyanacrylate mit Primer angewendet werden.

## Gummi-Metall-Verklebung

Gummi und Metalle lassen sich nur mit lösungsmittelfreien Klebstoffen und Kontakklebstoffen nach entsprechender Vorbehandlung verkleben. Da die verschiedenen Gummiqualitäten oft Bestandteile haben, die an die Oberfläche diffundieren, sollte die Oberfläche mechanisch aufgeraut oder wenn möglich die äußere Schicht geradlinig abgeschnitten werden.

Quelle: Gerd Habenicht- Kleben-erfolgreich und fehlerfrei, 6. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag/ Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2012



Unser Klebenavi finden Sie unter:  
[www.reiff-tp.de/klebenavi](http://www.reiff-tp.de/klebenavi)

# Klebertechnik

## Fehler beim Kleben

### 1. Ungleichmäßige Benetzung der Oberfläche durch den Klebstoff

Mögliche Ursachen	Abhilfemaßnahmen
1.1 Oberflächenverunreinigung durch Fette, Öle, feste Stoffe (Stäube)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oberflächenbehandlung durchführen oder wiederholen</li> <li>• Pressluft zum Strahlen auf Ölfreiheit prüfen</li> <li>• Oberfläche nach der Oberflächenbehandlung nicht mit den Händen berühren (Baumwollhandschuhe)</li> <li>• Lösungsmittel zum Entfetten auf Fettfreiheit prüfen (ggf. Lösungsmittelaustausch, Dampfentfettung)</li> <li>• Prüfen, ob Fettrückstände sich durch das eingesetzte Lösungsmittel überhaupt entfernen lassen (manche Fette sind schwer löslich)</li> </ul>
1.2 Feuchtigkeitskondensation auf der Oberfläche durch Temperaturunterschiede	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klimatisieren der Fügeteile</li> </ul>
1.3 Bei Kunststoffen ggf. an die Oberfläche diffundierte Weichmacher	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch Oberflächenbehandlung (mechanisch) entfernen</li> </ul>
1.4 Zu hohe Klebstoffviskosität bei Lösungsmittelklebstoffen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klebstoffviskosität über geeignete Lösungs- oder Verdünnungsmittel neu einstellen</li> </ul>
1.5 Zu hohe Klebstoffviskosität bei Reaktionsklebstoffen infolge überschrittener Topfzeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neuen Klebstoffansatz bereitstellen. Ein Verdünnen des nicht mehr verwendungsfähigen Klebstoffansatzes mit Lösungsmitteln bringt in keinem Fall Erfolg! Klebstoffansatz also vollständig aushärten lassen und entsorgen</li> </ul>
1.6 Inhomogene Klebstoffmischung (bei füllstoffhaltigen Klebstoffen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klebstoff erneut mischen</li> </ul>
1.7 Rückstände von Schutzpapieren- bzw. -folie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oberflächenbehandlung durchführen bzw. wiederholen</li> </ul>
1.8 Bei Schmelzklebstoffen zu hohe Viskosität der Schmelze	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatur der Schmelze erhöhen. Ggf. Fügeteile vorwärmen (bei Metallen)</li> </ul>

### 2. Unzureichende Haftungseigenschaften an den Fügeteiloberflächen und Auftreten von Adhäsionsbrüchen

Mögliche Ursachen	Abhilfemaßnahmen
2.1 Siehe 1.1 – 1.3, 1.3 – 1.7	
2.2 Überschrittene Topfzeit bei Reaktionsklebstoffen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neuen Klebstoffansatz verwenden</li> </ul>
2.3 Ggf. nicht ausreichende Haftung bereits auf den Fügeteilen vorhandener Schichten (Lacke, Korrosionsschutzschichten, Metallschichten)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schichten mechanisch entfernen, Oberflächen entfetten und ggf. primern</li> </ul>
2.4. Zu geringe Klebschichtdicken durch Wegschlagen des flüssigen Klebstoffs bei porösen Fügeteilen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klebstoff ggf. ein zweites Mal auftragen</li> <li>• Klebstoff mit höherer Viskosität einsetzen</li> </ul>

Fortsetzung ►

# Klebertechnik

## Fehler beim Kleben

### 3. Unzureichende Kohäsionsfestigkeiten der Klebschicht

Mögliche Ursachen	Abhilfemaßnahmen
3.1 Siehe 1.6 – 2.2 – 2.4	
3.2 Unvollständige bzw. ungleichmäßige Härtung der Klebschicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung möglicher Abweichungen vom vorgeschriebenen Mischungsverhältnis der Komponenten</li> <li>• Misch- und Dosieranlage überprüfen</li> <li>• bei warmhärtenden Klebstoffen Zeit- und Temperaturführung prüfen</li> <li>• bei Klebstoffen mit Füllstoffzusatz auf homogene Durchmischung achten</li> <li>• ggf. Härtingszeit verlängern oder höhere Härtungstemperatur wählen</li> </ul>
3.3 Bei schnellabbindenden Klebstoffen und großen Fügeflächen Möglichkeit beginnender Härtung vor dem Fixieren der Fügeiteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klebstoff mit längeren offenen Zeiten wählen</li> <li>• Zeitzyklus verkürzen</li> </ul>
3.4 Nicht ausreichende Feuchtigkeitsgehalte der Luft bei Verarbeitung von Cyanacrylaten und Einkomponenten- Polyurethanklebstoffen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klimatisierung der Klebstoffverarbeitungsräume</li> <li>• Bei Cyanacrylatenklebstoffen ggf. geringere Klebschichtdicken (ca. 0.1 mm) vorsehen</li> </ul>
3.5 Zu geringe bzw. ungleichmäßige Klebschichtdicken	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf Planheit der Fügeflächen achten, ggf. Grat an den Kanten der Fügeiteile entfernen</li> <li>• gleichmäßige Aufbringung des Anpressdruckes</li> </ul>
3.6 Luft- bzw. Lösungsmiteleinschlüsse in der Klebschicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mischen unter Vakuum, ggf. Rührgeschwindigkeit reduzieren.</li> </ul>

Quelle: Gerd Habenicht- Kleben-erfolgreich und fehlerfrei,  
6. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag/ Springer Fachmedien  
Wiesbaden GmbH 2012

# Klebertechnik

## Konstruktionsbetrachtungen bei Klebeverbindungen

Die Festigkeit und Langzeitbeständigkeit von Klebeverbindungen wird vorrangig durch folgende Parameter beeinflusst:

- Klebstoff
- Werkstoff
- Einsatzbedingungen
- Klebefugegeometrie
- Belastung

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Klebstoffs bestimmen Adhäsionsvermögen und die innere Festigkeit von Klebeverbindungen. Ebenso hängt die Langzeitbeständigkeit stark von der Art des Klebstoffs ab. Die unterschiedlichen Klebstofftechnologien stellen nicht nur unterschiedliche Festigkeitsklassen und Elastizitätsmodule zur Auswahl, sondern bieten auch die Wahl der besten Adhäsionseigenschaften.

Häufig stellen die Werkstoffe und ihre Oberflächenbeschaffenheit die ersten Auswahlkriterien hinsichtlich des optimalen Klebstoffs oder der Klebefugegestaltung dar; aber auch die Steifigkeit der Bauteile und die mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe sind wichtige Kriterien für die Auswahl des am besten geeigneten Klebstoffs.

Die Einsatzbedingungen der Klebeverbindung (Temperatur, Chemikalien/Lösungsmittel, Feuchtigkeit usw.) beeinflussen die Klebstoffauswahl unmittelbar. Hinsichtlich der Langzeitbeständigkeit sind die Einsatzbedingungen und die einwirkenden Kräfte die wichtigsten Parameter.

Die Klebefugegestaltung wird als wichtigster Parameter für den optimalen Einsatz eines ausgewählten Klebstoffs angesehen. Die Gestaltung muss den Limitationen des Klebstoffs angepasst (z. B. Durchhärtetiefe, Spaltfüllung usw.) und dahingehend optimiert werden, die ungünstigsten Belastungen für Klebeverbindungen (Spalt- und Schälbeanspruchung) zu vermeiden.

### Kräfte und resultierende Beanspruchungen

Die auf Klebeverbindungen einwirkenden Kräfte führen zu unterschiedlichen Arten von Spannungen, normalerweise angegeben in N/mm<sup>2</sup>. Im Falle reiner Zug- und reiner Druckbelastung ist die Spannungsverteilung in der Klebefuge sehr gleichmäßig. Somit wirkt auf jeden Teil der Klebefläche dieselbe Belastung, und zur Berechnung der Spannungen wird die Kraft einfach durch die Klebefläche geteilt. In der Realität treten reine Zug- und reine Druckbeanspruchungen nur sehr selten auf, wohingegen Scher-, Spalt- und Schälbeanspruchungen häufiger in Erscheinung treten. Die daraus resultierende Spannungsverteilung in der Klebefuge ist ungleichmäßig und daher für eine bestimmte Stelle der Verbindung schwieriger zu kalkulieren. Scherbeanspruchungen verteilen sich in der Klebefuge auf eine Weise, dass Spannungsspitzen auftreten. Die Endpunkte der Klebung müssen einer höheren Belastung standhalten als deren Mitte. Werden Klebeverbindungen Spalt- oder Schälbeanspruchungen ausgesetzt, konzentriert sich der größte Teil der Belastung an einem Endpunkt.

### Konstruieren von Klebeverbindungen

Ziel einer optimalen Klebefugegestaltung ist es, eine gleichförmige Spannungsverteilung zu erzielen. Aus diesem Grund müssen Konstrukteure gute Kenntnisse darüber besitzen, wie in Klebefugen die Spannungsverteilung bei Einwirken von Kräften erfolgt. Beim Konstruieren von Klebeverbindungen sind einige Leitlinien zu beachten.

### Die Spalt- und Schälbeanspruchung ist auf ein Mindestmaß zu reduzieren

Die Spannungsverteilung lässt erkennen, dass Schäl- und Spaltbeanspruchungen nach Möglichkeit auszuschließen sind.

### Die Klebefläche ist bis zum Höchstmaß zu vergrößern

Eine weitere einfache, aber sehr wichtige Möglichkeit, Klebefugen zu verbessern oder eine Konstruktion so zu verändern, dass sie sich für das Kleben eignet, ist die Klebefläche zu vergrößern. Häufig ist die Klebefläche so klein, dass eine zu hohe Schäl- oder Spaltbelastung aufgebracht wird. Die Steifigkeit der Bauteile und des Klebstoffs beeinflusst die Bruchlast von Klebeverbindungen. Im Allgemeinen gilt: Je steifer ein Bauteil, desto geringer der Einfluss der Klebefugegeometrie auf die Festigkeit der Klebung.

### Besondere Anforderungen an das Kleben von Kunststoffteilen

Unter den Begriff „Kunststoffe“ fallen unzählige synthetische Werkstoffe. Für deren Klassifizierung gibt es viele Möglichkeiten.

Die wohl einfachste ist eine grobe Unterteilung in drei Grundtypen:

- **Duroplaste**
- **Thermoplaste**
- **Elastomere**

Diese einfache Unterteilung ist jedoch ungeeignet für eine Abgrenzung der Klebbarkeit. Der unterschiedliche chemische Aufbau der jeweiligen Kunststoffe und die daraus resultierenden physikalischen Eigenschaften sind die entscheidenden Einflussgrößen für die Klebertechnik.

Wie bei allen zu klebenden Werkstoffen müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Der Klebstoff muss den Kunststoff benetzen können, d. h. die Oberflächenenergie des Kunststoffs muss größer oder gleich der Oberflächenspannung des Klebstoffs sein.
2. Die Oberfläche des Kunststoffs muss adhäsionsfreundliche Eigenschaften aufweisen, d. h. eine chemische und physikalische Wechselwirkung in der Grenzschicht zwischen Klebstoff und Oberfläche zeigen.

Wird eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, ist der betreffende Kunststoff häufig für das Kleben ungeeignet. Wird keine der Bedingungen erfüllt, kann der Kunststoff nicht ohne eine Vorbehandlung geklebt werden.

### Einfluss von Kunststoffoberflächen

Bei Kunststoffen besteht oft das Problem, dass die Volumeneigenschaften (die Eigenschaften des Basismaterials an sich) nicht den Oberflächeneigenschaften entsprechen. Dies kann auf die Rezeptur des Kunststoffs und/oder den Herstellungsprozess zurückzuführen sein. Eine energiearme Oberflächenschicht hat eine geringe Festigkeit der Klebeverbindung zur Folge, unabhängig vom verwendeten Klebstoff.

# Klebertechnik

## Konstruktionsbetrachtungen bei Klebeverbindungen

### Kunststoffe mit niedermolekularen Bestandteilen

Zahlreiche Kunststoffe enthalten niedermolekulare Bestandteile. Hierzu zählen Stabilisatoren, nichtreaktionsfähige Bestandteile, Lösungsmittelrückstände, Weichmacher und verschiedene Füllstoffe. All diese Bestandteile können das Kleben beeinflussen, wenn sie auf der Oberfläche vorhanden sind. Viele von ihnen neigen dazu, an die Oberfläche zu wandern (Migration) und sich dort anzusammeln. Auf diese Weise bildet sich eine separate Schicht auf der Oberfläche des Basismaterials, welche die potentielle Festigkeit der Klebung deutlich verringert oder eine Klebung sogar verhindert.

### Interne und externe Formtrennmittel

Interne und externe Formtrennmittel werden eingesetzt, um ein einfaches Entformen von gespritzten oder gepressten Kunststoffteilen zu gewährleisten. Formtrennmittel werden als „intern“ bezeichnet, wenn sie dem Granulat bereits beigemischt sind und während der Verarbeitung des Kunststoffs ihre Wirkung entfalten. Sie erzeugen häufig Oberflächen, die nur schwer oder gar nicht geklebt werden können. Diese Formtrennmittel können im gesamten Kunststoff verteilt sein, so dass ein Abschleifen der Oberfläche möglicherweise wirkungslos ist. „Externe“ Formtrennmittel hingegen werden in die offene Form gesprüht. Sie basieren auf Paraffinen, Seifen und Ölen (z. B. Silikonöl). Diese Formtrennmittel können sich nicht nur auf der Oberfläche, sondern auch in Schichten nahe der Oberfläche befinden. Mechanisches Aufrauen (z. B. Schmirgeln) stellt die wirksamste Vorbehandlung für solche Oberflächen dar.

### Verarbeitungsbedingte Oberflächeneigenschaften

Während des Formens von Kunststoffteilen können Oberflächenstrukturen und somit „Oberflächeneigenschaften“ entstehen, die sich von den Eigenschaften des „Basismaterials“ unterscheiden. Sie werden als Spritzhaut bezeichnet. Es handelt sich dabei um sehr glatte, verdichtete Oberflächen, normalerweise mit inneren Spannungen. Je stärker eine Spritzhaut ausgeprägt ist, umso schlechter sind ihre Klebeeigenschaften. Ihre Wirkung ist mit einer den Grundwerkstoff bedeckenden Schutzbeschichtung vergleichbar. Die einfachste und wirksamste Art der Vorbehandlung besteht in der Zerstörung dieser Oberflächenschicht durch mechanisches Entfernen, z. B. durch Schmirgeln oder Schleifen.

### Spannungsrissbildung bei thermoplastischen Kunststoffen

Amorphe, thermoplastische Kunststoffe ohne Füllstoff neigen bei Kontakt mit bestimmten Flüssigkeiten (Lösungsmitteln) zur Rissbildung. Dies wird häufig auch als „Spannungsrisskorrosion“ bezeichnet. Die anfälligsten Kunststoffe sind Polycarbonat (PC), Polymethylmethacrylat (PMMA), Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS) und Polystyrol (PS). Wie der Name schon sagt, kommt es zur Rissbildung durch das Zusammenwirken zweier Umstände:

1. Im Werkstück müssen gewisse Spannungen vorhanden sein. In den meisten Kunststoffteilen sind diese aufgrund der Verarbeitung bereits in Form von „eingefrorenen“ Spannungen vorhanden oder sie entstehen durch das Einwirken externer Kräfte.
2. Ein niedermolekulares Medium wirkt auf das Teil ein (z. B. Aceton, Alkohol).

Auch Klebstoffe können, solange sie im flüssigen Zustand sind, Spannungsrisskorrosion verursachen.

Unerwünschte Eigenschaften bei Klebevorgängen	Verfahren der Oberflächenbehandlung
Niedermolekulare Bestandteile an der Oberfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reinigen mit geeigneten Lösungsmitteln bzw. Reinigern</li> <li>• Mechanisch entfernen (Schmirgeln oder Schleifen)</li> </ul>
Interne Formtrennmittel an der Oberfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reinigen mit wässrigen, basischen Reinigern</li> </ul>
Externe Formtrennmittel an der Oberfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanisch entfernen (Schmirgeln oder Schleifen)</li> <li>• Mit geeigneten Reinigern entfernen</li> </ul>
Spritzhaut	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanisch entfernen</li> </ul>

### Möglichkeiten zur Vermeidung von Rissbildung

Durch folgende Maßnahmen oder durch die Wahl eines anderen Kunststoffs kann die Rissbildung bei Kunststoffen während des Klebevorgangs weitgehend vermieden werden:

- Tempern der Kunststoffteile, wodurch interne Spannungen abgebaut werden.
- Teile beim Fügen nicht klemmen, pressen oder deformieren; dies erzeugt Spannungen von außen.
- Einsatz schnellhärtender Klebstoffe, die das lösungsmittelartige Einwirken des flüssigen Klebstoffs reduzieren, womit die Spannungsrisskorrosion minimiert wird.
- Bei Einsatz von Cyanacrylaten sparsame Dosierung des Klebstoffs, so dass sich kein Klebstoffüberschuss an den Rändern der Klebefuge bildet, oder Verwendung eines Aktivators, um überschüssigen Klebstoff auszuhärten.
- Bei Einsatz von UV-aushärtenden Klebstoffen ist zu gewährleisten, dass die Aushärtung in der Klebefuge durch UV-Licht unmittelbar nach dem Auftragen des Klebstoffs erfolgt. Schattenbereiche, in denen der Klebstoff flüssig bleibt, sind zu vermeiden.
- Anaerobe Klebstoffe sind für ungefüllte amorphe thermoplastische Werkstoffe ungeeignet.

### Zusammenfassung der Problemlösungen für das Kleben von Kunststoffteilen

Oft können mehrere störende Effekte gleichzeitig auftreten. In vielen Fällen haben sich mechanische Oberflächenbehandlungen als die wirksamste und umfassendste Lösung erwiesen. Das Verfahren ändert die Oberflächenstruktur auf eine für die Klebung positive Art und Weise, und die effektive Klebefläche vergrößert sich durch ihre Rauigkeit.

Physikalische und chemische Verfahren der Oberflächenvorbehandlung werden in Fällen eingesetzt, in denen sich das Kleben von Kunststoffen als schwierig oder unmöglich erwiesen hat, um eine bessere Verbindung zwischen Klebstoff und Oberfläche zu erzielen.



# Klebertechnik

## Konstruktionsbetrachtungen bei Klebeverbindungen

**Anaerobe Klebstoffe:** reagieren unter Sauerstoffausschluss und Metallkontakt. Die Klebefläche muss mindestens 5 mm breit sein, um den Ausschluss von Sauerstoff zu gewährleisten. Bei Klebeanwendungen werden sie gewählt, wenn die zu klebenden Bauteile verwindungssteif sind und die Klebefuge auf weniger als 0,5 mm beschränkt ist. Aufgrund des Aushärtemechanismus werden sie vorwiegend bei Metallen verwendet.

**Modifizierte Acrylate:** härten bei Sauerstoffausschluss und Kontakt mit einem Aktivator aus. Bei diesen Klebstoffen treten keine Probleme hinsichtlich der Topfzeit, wie bei gemischten Komponenten, oder der „offenen Zeit“ auf, da der Klebstoff nur bei Kontakt mit einem Aktivator aushärtet. Die Klebefläche muss mindestens 5 mm breit sein, um den Ausschluss von Sauerstoff zu gewährleisten. Verglichen mit anaeroben Klebstoffen besitzen sie eine bessere Schlagzähigkeit und Schälfestigkeit sowie zudem eine gute Adhäsion zu zahlreichen Werkstoffen.

**UV-aushärtende Klebstoffe:** reagieren bei Bestrahlung mit UV-Licht. Eine wichtige Voraussetzung dabei ist, dass das UV-Licht die gesamte Klebefläche erreichen kann. Hierzu muss mindestens ein Fügeglied für die geeignete Wellenlänge des UV-Lichtes durchlässig sein. Die wichtigsten Highlights dieser Klebstofffamilie sind sehr schnelles Aushärten, gutes Spaltfüllvermögen und Adhäsion zu zahlreichen Werkstoffen.

**Sofortklebstoffe (Cyanacrylate):** härten zwischen zwei eng anliegenden Klebeflächen sehr schnell aus. Die kondensierte Feuchtigkeit auf den Fügeflächen initiiert die Aushärtereaktion, die von der Werkstoffoberfläche zur Mitte des Klebspaltes verläuft. Cyanacrylate werden für das Kleben kleiner Teile ausgewählt und um äußerst kurze Fixierzeiten zu erzielen. Wegen ihres eingeschränkten Spaltfüllvermögens (max. 0,25 mm) erfordern sie genau passende Oberflächen. Ihre Adhäsion zu den meisten Werkstoffen ist ausgezeichnet, und die Klebefestigkeit bei Scher- und Zugbelastung ist sehr gut. Sie sind weder auf Glas noch bei Teilen zu verwenden, die über längere Zeiträume dem Einwirken von Wasser ausgesetzt sind.

**Polyurethane:** härten durch Luftfeuchtigkeit zu einem Elastomer aus. Die Polymerisation wird durch die Reaktion der Feuchtigkeit mit einem Isocyanat-Komplex ausgelöst. Hierdurch wird die Durchhärtetiefe auf ca. 10 mm beschränkt. Der ausgehärtete Klebstoff ist äußerst zähelastisch, verfügt über mittlere bis hohe Kohäsionsfestigkeit und ist überlackierbar.

**Silikone:** härten typischerweise durch Reaktion mit Luftfeuchtigkeit aus. Das ausgehärtete Silikon ist ein sehr flexibles Material mit ausgezeichneter Adhäsion zu zahlreichen Werkstoffen. Die Witterungsbeständigkeit ist hervorragend; unpolare Lösungsmittel rufen jedoch leicht einen Quellvorgang hervor.

### Wärmeleitende Klebstoffe

Es gibt wärmeleitfähige Klebstoffe für die schnelle Ableitung der von elektrischen Bauteilen ausgehenden Wärme. Diese Produkte können Schrauben, Wärmeleitpasten und Isolierscheiben ersetzen, die zur sicheren Befestigung von Kühlkörpern an wärmeerzeugenden Bauteilen auf Leiterplatten verwendet werden. Wärme-

leitfähige Klebstoffe beseitigen die Beschränkung dieser früheren Verfahren, indem sie:

- einen direkten Kontakt zwischen dem Bauteil und der Leiterplatte ermöglichen
- eine gute elektrische Isolierung gewährleisten
- Migrationen verhindern (z. B. von Fett)
- das Lösen von Teilen ausschließen
- automatisches Dosieren ermöglichen
- Lagerbestände an Schrauben, Fetten usw. verringern

**Elektrisch leitfähige Klebstoffe:** können Verbindungen zwischen leitfähigen Bauteilen gewährleisten. Diese Produkte können als Alternative zu herkömmlichen Lötanwendungen eingesetzt werden und bieten Vorteile, wie beispielsweise die Bearbeitung bei niedriger Temperatur, eine geringe thermomechanische Ermüdung, geringen Schrumpfung, wenig Rückstände und geringen Gehalt an flüchtigen organischen Bestandteilen (bleifrei).

**Medizinische Klebstoffe:** Kein einzelner Klebstoff kann allen Anforderungen gerecht werden. Konstrukteure und Arbeitsvorbereitung müssen eine Reihe von Klebstoffeigenschaften gegeneinander abwägen, um die erforderliche Klebekraft und Dichtigkeit zu erzielen. Neben den physikalischen Eigenschaften des Klebstoffs spielen Qualität und Haltbarkeit, toxikologische Gesichtspunkte des Produktes und die Sterilisationsbeständigkeit für die Hersteller medizinischer Artikel eine besondere Rolle.

**Oberflächenvorbereitung:** Geklebte Verbindungen werden durch einen unvollständigen Kontakt von Klebstoff und Werkstoff nachteilig beeinflusst. Die Konstruktion sollte eine angemessene Vorbehandlung der Oberflächen vorsehen und den am besten geeigneten Klebstoff festlegen, um den Erfolg der Klebung sicherzustellen. Unterschiedliche Vorbehandlungsprozesse, von der einfachen mechanischen Reinigung und der chemischen Entfettung bis zur komplexen physikalischen Oberflächenbehandlung, sind verfügbar.

Die Oberflächenvorbereitung ist der kritischste Schritt beim Herstellen einer Klebeverbindung. Bei unzureichender Oberflächenvorbereitung kommt es zwangsläufig zu einem nicht vorhersehbaren Versagen der Klebeverbindung in der Grenzfläche von Fügeglied und Klebstoff. Bei zweckdienlicher Oberflächenvorbereitung können Klebungen hergestellt werden, die grundsätzlich durch Kohäsionsbruch versagen, und so der angegebenen Festigkeit des Klebstoffs und/oder der Primerkombination entsprechen. Zudem ist die Oberflächenvorbereitung nicht nur hinsichtlich der Anlagensfestigkeit einer Klebeverbindung ein Schlüsselfaktor, sondern auch, und dies ist noch wichtiger, hinsichtlich ihrer Langzeitbeständigkeit unter den Einsatzbedingungen.

Als Mindestanforderung müssen Verfahren der Oberflächenvorbereitung Öl, Fett oder sonstige Schichten entfernen, deren Haftfestigkeit zum Grundwerkstoff wahrscheinlich geringer als die der Klebeverbindung ist. Bei zahlreichen Fügegliedern aus Metall und Kunststoff bedient man sich des einfachen Abschleifens und/oder Abwischens mit Lösungsmittel. Bei einigen Metallen ist diese einfache Oberflächenbehandlung jedoch möglicherweise unzureichend, um eine gute Adhäsion oder eine ebensolche Langzeitbeständigkeit zu erzielen.

# Klebertechnik

## Konstruktionsbetrachtungen bei Klebeverbindungen

**Beständigkeit:** Bei der Wahl eines Klebstoffs für einen bestimmten Anwendungsfall ist einer der wichtigsten Faktoren, der zu berücksichtigen ist, die Umgebung, in der die Klebeverbindung eingesetzt werden soll. Natürlich ist die von der Verbindung aufzunehmende Kraft der wichtigste Faktor, da die Klebeverbindung der erwarteten maximalen Beanspruchung (ohne übermäßiges Kriechen) standhalten und die dynamischen Dauerbelastungen aufnehmen muss. Wechselbeanspruchungen, vor allem langsame, schaden einer Klebeverbindung sehr viel mehr als eine konstante Dauerlast. Der für eine bestimmte Anwendung ausgewählte Klebstoff muss diesen Lasten und Beanspruchungen standhalten können, und zwar nicht nur zu Beginn, sondern auch nach anhaltender Einwirkung der härtesten Betriebsbedingungen, die während ihrer Lebensdauer auftreten können. Wärme und Feuchtigkeit stellen in der Regel die schädlichsten Umwelteinflüsse für die meisten Klebeverbindungen dar.

Spannungen aufgrund sehr unterschiedlicher Wärmeausdehnung zweier Materialien, wie dies z. B. bei Kunststoff-Metall-Klebeverbindungen der Fall sein kann, erfordern zähelastische (nicht spröde) Klebstoffe mit niedrigem E-Modul, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Andere Faktoren, welche die Beständigkeit von Klebeverbindungen beeinflussen, sind Lösungsmittel und UV-Licht. Es empfiehlt sich, grundsätzlich einen Klebstoff zu wählen, der gegen diese Faktoren beständig ist. Es sollte davon abgesehen werden, die Klebefuge mit einer Schutzschicht zu überziehen, die rissig oder mit der Zeit durchlässig für Lösungsmittel oder Feuchtigkeit werden kann.

**Sterilisationsbeständigkeit:** Die Hersteller von medizinischen Produkten unterziehen die Klebstoffe den Sterilisationsverfahren, die typischerweise bei diesen Produktionsverfahren eingesetzt werden (z. B. Behandeln mit einem oder zwei Ethylenoxidzyklen (EtO), Gammabestrahlung und Autoklavierung). Hierbei wird nur ein geringer oder gar kein Festigkeitsverlust festgestellt. Die Sterilisationsbeständigkeit hängt jedoch immer von der Konstruktion und dem Material ab und ist vom Hersteller eines medizinischen Artikels zu prüfen.

Bei sterilen mehrfach verwendbaren Artikeln werden drei Methoden für die Sterilisation und Desinfektion für Krankenhauszwecke allgemein verwendet: Chemische Agenzien, Dampfautoklavierung und EtO. Dampf und EtO sind die meistgenutzten Verfahren. Neuere Methoden verwenden chemische Gase, wie z. B. Wasserstoffperoxidplasma, Peressigsäure oder Wasserstoffperoxid in der Dampfphase.

Die Produktpalette medizinischer Klebstoffe kann in drei chemische Kategorien eingeteilt werden:

- Lichtaushärtende Acrylate
- Cyanacrylate, Aktivatoren und Primer
- Spezialsilikone

**Lichtaushärtende Acrylat-Klebstoffe:** Die Lichtaushärtenden Klebstoffe werden als einkomponentige, lösungsmittelfreie Flüssigkeiten mit Viskositäten von 100 cPs (mPa s) bis zu thixotropen Gelen geliefert. Aushärtezeiten von 2 bis 60 Sekunden sind typisch, und Aushärtetiefen über 13,0 mm (0,5 inch) sind denkbar. Die Aushärtegeschwindigkeit hängt von der Intensität der Lampe, dem Abstand zur Lichtquelle, der erforderlichen Aushärtetiefe und der Lichtdurchlässigkeit des Werkstücks ab. Es stehen Formulierungen zur Verfügung, deren Eigenschaften im ausgehärteten Zustand von starren bis zu weichen, flexiblen Polymeren reichen.

**Sofortklebstoffe (Cyanacrylate):** Sind einkomponentige, bei Raumtemperatur aushärtende Klebstoffe, die mit Viskositäten von wasserdünnen Flüssigkeiten bis zu thixotropen Gelen erhältlich sind. Sie bieten eine ausgezeichnete Adhäsion auf den meisten Oberflächen, wodurch sie sich insbesondere für schwierige Anwendungen eignen. Sie sind ideal, um flexible und starre Kunststoffe, Latex, Kautschuk und Metallteile zu verbinden, und zwar gleich mit gleich oder kombiniert.

Vier Arten von Cyanacrylaten sind für die Montage steriler medizinischer Geräte verfügbar:

- Allzweck-Typ – für kombiniertes Kleben der meisten Kunststoffe, Latex, Metall und Duroplaste.
- Oberflächenunempfindlicher Typ – für das Kleben poröser, saurer oder leicht verunreinigter Oberflächen.
- Temperaturwechselbeständiger Typ – beständig gegen Temperaturen bis zu 120 °C.
- Alkoxyethyl Typ – geringer Geruch, geringes Ausblühen.

### Vorteile von medizinischen Klebstoffen

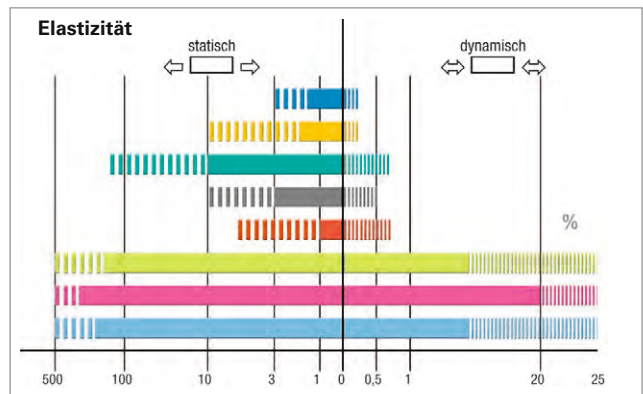
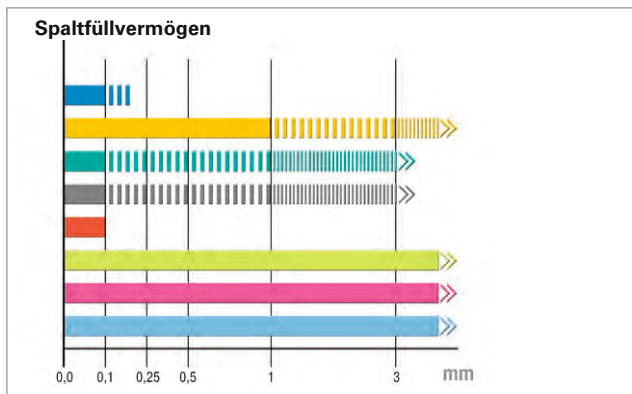
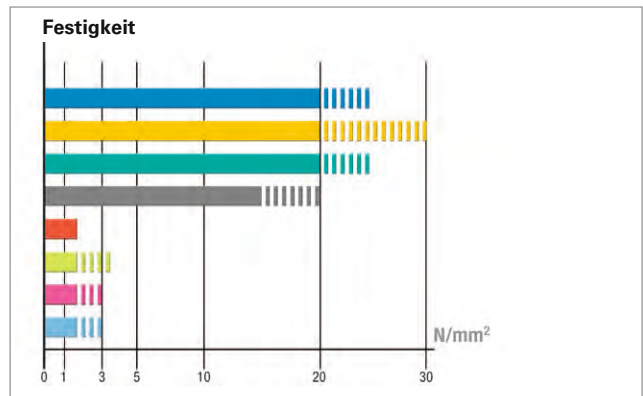
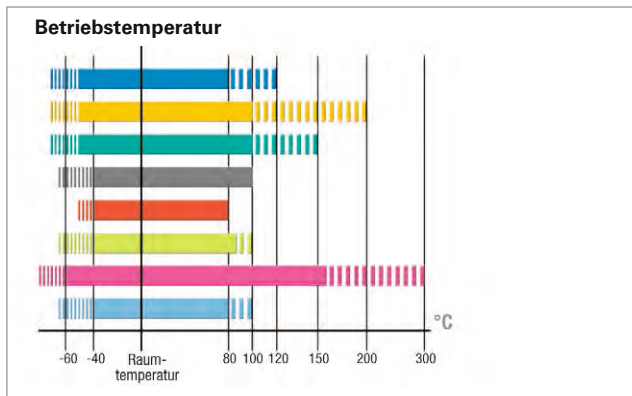
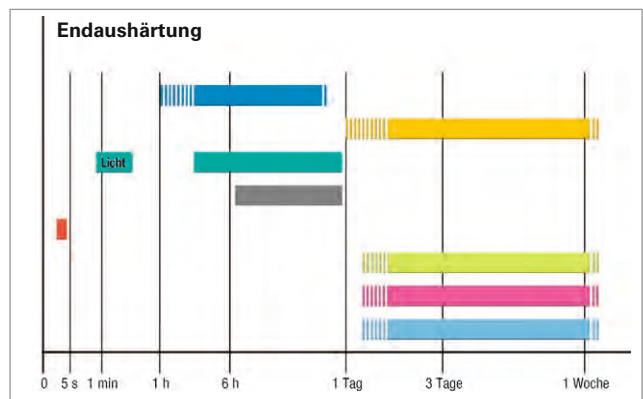
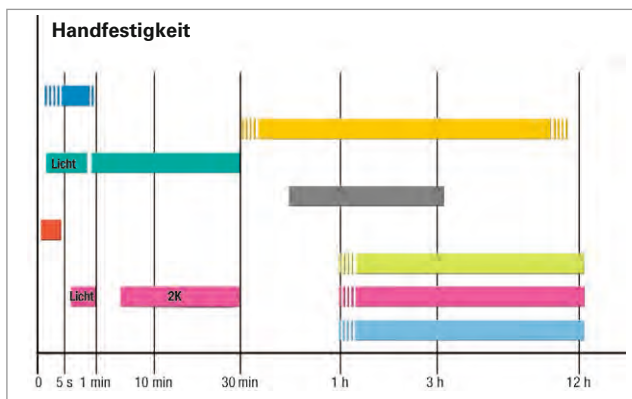
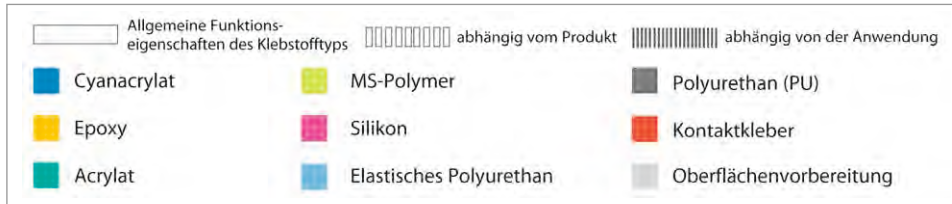
- toxikologisch geprüft
- ersparen Mischsysteme und Warmhärtestationen
- reduzieren die Montagezeit
- keine toxischen Dämpfe/lösungsmittelfrei
- spaltfüllende Eigenschaften
- erhöhte Produktivität
- verringerter Raumbedarf für die Fertigung
- Reduzierung der Bauteilkosten
- garantierte Reproduzierbarkeit
- Sterilisationsbeständigkeit
- weltweite Verfügbarkeit mit identischen Spezifikationen
- weltweite Dosiersysteme und -komponenten
- internationale Produkt- und Anwendungsberatung

Quelle: Henkel AG & Co. KGaA

# Klebetchnik

## Beständigkeit gegen Umgebungseinflüsse

Die Beständigkeit von Klebungen gegen Umgebungseinflüsse ist von vielen verschiedenen Faktoren abhängig; dazu gehören der zwischen den Teilen zu überbrückende Spalt, die Oberflächengüte, die konstruktive Gestaltung, der eingesetzte Klebstofftyp, die Beanspruchung der Klebung und die Betriebsbedingungen. Bitte beachten Sie die Technischen Datenblätter.



Quelle: Henkel AG & Co. KGaA

# Klebertechnik

## Auswahltabelle

Für die Auswahl des am besten geeigneten Klebstoffs kann häufig eine fachliche Beratung erforderlich sein. Die Auswahltabelle in diesem Kapitel sollen dem Konstrukteur ein systematisches Vorgehen bei der Auswahl von Klebstoffen ermöglichen, die für einen Anwendungsfall in Frage kommen.

Sie sind als Leitfaden gedacht; sie ersetzen keineswegs effiziente Langzeitversuche auf der Basis des simulierten Fertigungsprozesses.

Werkstoff 2	Werkstoff				
	Metall Keramik	Glas	Kunststoffe	Gummi	Holz
Metall	1, 2, 4	3, 4	1, 2, 3, 4	1, 4	1, 2, 3, 4
Keramik	1, 2, 4	3, 4	1, 2, 3, 4	1, 4	1, 2, 3, 4
Glas	3, 4	3, 4	3, 4	4	3, 4
Kunststoffe	1, 2, 3, 4	3, 4	1, 3, 4	1, 4	1, 3, 4
Gummi	1, 4	4	1, 4	1, 4	1, 4
Holz	1, 2, 3, 4	3, 4	1, 3, 4	1, 4	1, 4

Quelle: Henkel AG & Co. KGaA

Die Ziffern verweisen auf Klebstofffamilien, die sich für die ausgewählten Werkstoffe eignen.

Kurze Beschreibung der Klebstofffamilien:

- 1) Cyanacrylate: für kleine Klebeflächen, Adhäsion zu zahlreichen Werkstoffen
- 2) Strukturklebstoffe: Ein- und Zweikomponentensysteme, für hochfestes Kleben starrer Teile
- 3) UV-aushärtende Klebstoffe: für das Kleben durchsichtiger und/oder UV-durchlässiger Werkstücke
- 4) Flexible Klebstoffe: auf der Basis von Polyurethan oder Silikon, um Bewegungen aufgrund unterschiedlicher Wärmeausdehnung oder Vibration standzuhalten

# Dichtungstechnik

## Anaerobes Dichten

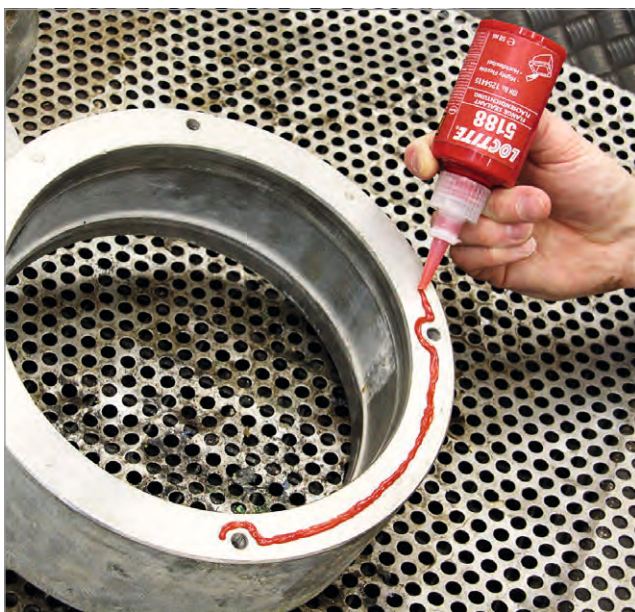
Anaerobe Dichtstoffe sind einkomponentig, bei Raumtemperatur vernetzend. Wird der Dichtstoff vom Luftsauerstoff abgeschlossen, z. B. durch das Zusammenbringen der Füge­teile, tritt die Aushärtung ein.

Bei den anaeroben Produkten spricht man von Flächendichtungen und Gewindedichtungen. Flächendichtungen werden überall eingesetzt, wo gefügte Metallflächen gegenüber flüssigen und gasförmigen Medien dicht sein sollen. Sie stellen einen hundertprozentigen Stoffschluss her und dichten an den Kontaktflächen. Gewindedichtungen sind flüssige Kunststoffe, die auf Gewindgänge aufgetragen werden. Sie füllen die Zwischenräume im Gewinde aus und haben eine sofortige Dichtwirkung.

Anaerobe Flächendichtungen bilden lecksichere Dichtungen, die während der gesamten Lebensdauer bei Millionen von Maschinen und Kraftfahrzeugen ihre Aufgabe zuverlässig erfüllen.

Dichtungen lassen sich außerdem in die Klassen der statischen oder dynamischen Dichtungen einordnen, je nachdem, ob sich die abgedichteten Werkstücke relativ zueinander bewegen oder nicht. Eine drehbare Welle in einem Gehäuse ist ein Beispiel für ein typisches dynamisches System. Obwohl Flansche in die Rubrik der statischen Systeme fallen, sind sie aufgrund von Vibration, Druckschwankungen, Erschütterungen, Stößen, Temperaturschwankungen, Lastübertragungen usw. geringen „Mikrobewegungen“ ausgesetzt.

Eine Flächendichtung ist ein Werkstoff, der sich zwischen zwei montierten Flanschen befindet und eine zuverlässige Dichtheit sicherstellt. Flächendichtungen verhindern das Entweichen von Flüssigkeiten oder Gasen, indem sie undurchlässige Barrieren bilden. Diese Dichtungen müssen über einen längeren Zeitraum hinweg unversehrt und lecksicher bleiben. Das Dichtungsmaterial muss aus diesem Grund gegen das flüssige und/oder das gasförmige Medium, das hermetisch abgeschlossen oder ausgeschloss­sen werden soll, sowie gegenüber den Betriebstemperaturen und -druckverhältnissen, denen es ausgesetzt ist, beständig sein.



Anwendungsbeispiel

Quelle: Henkel AG &amp; Co. KGaA

### Technische Vorteile

- kein Setzen
- eine homogene Verbindung
- Konstruktionsvorteil Null-Spalt
- dichtet zwischen den Kontaktflächen
- beständig gegen die meisten Chemikalien
- unterstützt den mechanischen Verbund
- dichtet auch bei höherer Rauheit der Flanschoberfläche
- produktionsgerechte Handhabung
- ausgereifte Dosiertechnik
- hohe Lebensdauer
- umweltverträglich

### Es gibt drei Dichtungstypen für Flansche:

- **herkömmliche Feststoffdichtungen** – aus Papier, Gummi, Kork, Metall oder anderen Werkstoffen.
- **FIP-Flächendichtungen (Formed-In-Place)** – flüssig verbaute Flächendichtungen, die vor dem Zusammenfügen als flüssiges Dichtungsmaterial auf eine der Flanschflächen aufgebracht werden. Durch das Fügen der Bauteile wird das Dichtungsmaterial zwischen den Flanschen verteilt, wobei Fugen, Hohlräume, Kratzer und Unregelmäßigkeiten der Oberfläche ausgefüllt werden. Nach dem Fügen härtet die Flächendichtung aus und bildet eine dauerhafte Dichtung.
- **CIP-Flächendichtungen (Cured-In-Place)** – vorbeschichtete Flächendichtung, die in flüssigem Zustand mit geeigneten Dosiergeräten in exakten Raupen auf einen der Flansche aufgebracht wird. Die so aufgetragene Raupe härtet durch UV-Licht aus und es entsteht ein elastomerer Werkstoff mit Adhäsion an der Flanschoberfläche. Die Dichtungswirkung wird durch Druck auf die ausgehärtete Flächendichtung erzielt.

Die Wahl einer Flächendichtung wird durch viele Faktoren beeinflusst. CIP-Flächendichtungen (vorbeschichtete) eignen sich ausgezeichnet für Dichtfugen, die aus Wartungsgründen häufig demon­tiert werden müssen oder in denen die Dichtung am Flansch haften muss, da eine herkömmliche, vorgefertigte Flächendichtung während der Montage nicht in der geforderten Position verbleibt.

FIP-Flächendichtungen (flüssig verbaute) sind auf annähernd allen Flanschtypen verwendbar.

### FIP-Flächendichtungen (Formed-In-Place)

Um die erforderliche Dichtungsqualität bei einer Vielzahl von Flanschen zu erzielen, werden zwei Produktklassen angeboten: anaerobe Produkte für steife Flansche und spezielle Silikon-Produkte für flexible Flansche.

### Abdichten steifer Flansche

Ob ein Flansch als steif oder flexibel klassifiziert wird, hängt von der Flanschkonstruktion und dessen Funktion innerhalb des gesamten Verbundes ab.

Steife Flansche sollen:

- optimale Steifigkeit zwischen zwei gefügten Werkstücken erzielen
- Bewegungen der beiden Werkstücke zueinander auf ein Minimum reduzieren
- Kräfte von einem Werkstück auf ein anderes übertragen

# Dichtungstechnik

## Anaerobes Dichten

Damit diese Anforderungen an steife Flansche erfüllt werden können, muss die Klemmkraft der Schrauben (die normalerweise die einzige Kraft ist, welche die Flansche zusammenhält) so gleichmäßig wie möglich über die Flanschfügeflächen verteilt sein. Typische Beispiele für steife Flansche sind in Fahrzeugen zu finden:

- Getriebegehäuse
- Grundplatte an Kurbelgehäuse
- Wasserpumpe an Motorblock
- Nockenwellengehäuse an Zylinderkopf

**Anaerobe Flächendichtungen verleihen dem fertigen Bauteilverbund zusätzliche Festigkeit.**

**Nachteile vorgeformter Feststoffdichtungen** im Vergleich zu anaeroben Flächendichtungsprodukten:

Feststoffdichtungen benötigen eine Druckbelastung, um sich den Unregelmäßigkeiten der Flanschoberfläche entsprechend anzupassen. Deshalb müssen sie die gesamte Belastung, die durch die Schrauben aufgebracht wird, tragen. Für Leckagen und das Versagen von Feststoffdichtungen gibt es folgende Hauptursachen:

- **Setzverhalten:** Mit der Zeit verliert die Dichtung an Elastizität und Rückstellvermögen. Die Last auf der Dichtung und Relativbewegungen bewirken, dass die Dichtung dünner wird, was zu Leckagen führt.
- **Flanschbiegung:** Die Stelle am Flansch, an der die Flächenpressung durch die Schrauben am geringsten ist, stellt den für Leckagen anfälligsten Bereich der Verbindung dar. An dieser Stelle verursacht der interne Druck die größte Biegung.
- **Auswandern:** Durch das Zusammenspiel von zu geringem Druck auf die Dichtung (unterhalb des Mindestdrucks zur Erzeugung der Dichtwirkung) und internem Druck im System kann die Dichtung zwischen den Flanschen herausgepresst werden.
- **Zerstörung im Bereich der Gewindebohrung:** Unter dem Schraubenkopf werden auf das Dichtungsmaterial hohe Spannungen übertragen. Diese können bewirken, dass die Dichtung reißt, einreißt, bricht oder herausgepresst wird.

**Diese Nachteile lassen sich durch anaerobe Flächendichtungen beseitigen. Sie bieten zahlreiche Vorteile gegenüber herkömmlichen Dichtungssystemen.**



Anwendungsbeispiel

Quelle: Henkel AG & Co. KGaA

**Vorteile anaerober Flächendichtungsmaterialien bei steifen Flanschen:**

- **Kein Setzen der Dichtung:** Bei anaeroben Flächendichtungen ist es möglich, dass zwei Flanschoberflächen auf Metallkontakt zusammengefügt werden. Hierdurch wird der Erhalt der richtigen Schraubenspannung während der gesamten Lebensdauer der Verbindung gewährleistet. Ein Nachziehen der Schrauben ist nicht erforderlich.
- **Kein Spalt:** Durch den Metall/Metall-Kontakt muss für die Dichtungsstärke kein Spalt eingeräumt werden, so dass die Toleranzen genauer beibehalten werden können. Dies ist äußerst wichtig, wenn Lager durch das Fügen der beiden Gehäusehälften vorgespannt werden.
- **Strukturfestigkeit:** Anaerobe Flächendichtungen besitzen eine hohe Scherfestigkeit, durch die Bewegungen aufgrund von seitlichen Belastungen aufgefangen werden können. Dadurch werden das selbsttätige Losdrehen der Schrauben und ein Reibverschleiß zwischen den Flanschen vermieden und die Festigkeit des Verbundes erhöht.
- **Tolerierung von Oberflächenrauigkeiten:** Anaerobe Flächendichtungen lassen einen gewissen Spielraum in der Güte und Ebenheit der Flanschoberfläche zu. Kratzer in den Oberflächen werden abgedichtet, so dass keine Feinbearbeitung erforderlich ist.
- **Keine Aushärtung vor der Montage:** Da anaerobe Flächendichtungen unter Luftabschluss aushärten, bleiben sie lange Zeit stabil, ohne auszuhärten, solange sie der Luft ausgesetzt sind. Dies ermöglicht zahlreiche Auftragungsmethoden und reduziert die Probleme, die mit der Verwendung lösungsmittelhaltiger und/oder durch Feuchtigkeit aushärtender Werkstoffe verbunden sind.
- **Geringere Lagerhaltungskosten:** Vorgefertigte Flächendichtungen können nur auf bestimmten Flanschen verwendet werden. Sie erfordern eine vorsichtige Lagerung und Handhabung. Große Bestände an vorgefertigten Feststoffdichtungen können erhebliche Anschaffungs- und Lagerkosten verursachen.
- **Chemische Verträglichkeit:** Ausgehärtete anaerobe Flächendichtungen weisen hervorragende Beständigkeit gegen Kraftstoffe auf Mineralölbasis, Schmieröle, Wasser/Glykol-Gemische und die meisten anderen industriellen Flüssigkeiten auf.
- **Überschüssiges Dichtungsmaterial bleibt flüssig:** Anders als andere flüssige Dichtungsmaterialien härten anaerobe Flächendichtungen nur zwischen Flanschflächen aus. Überschüssiges Material kann von Außenflächen durch Wischen und von Innenflächen durch Spülen entfernt werden (flüssige anaerobe Klebstoffe sind mit zahlreichen Flüssigkeiten mischbar). Durchgänge und Kanäle werden somit nicht verstopft.
- **Geringere Lohnkosten durch automatische Auftragung:** Herkömmliche Feststoffdichtungen lassen sich vor und während der Montage nur schwer automatisch auf den Werkstücken positionieren. Es ist aus diesem Grund häufig erforderlich, die Flächendichtung manuell zu positionieren. Anaerobe Flächendichtungsprodukte können mit Hilfe vollautomatisierter Roboter-, Siebdruck- oder Schablونensysteme aufgebracht werden.

# Dichtungstechnik

## Anaerobes Dichten

- **Vereinfachte Aufbringung auf vertikale Dichtflächen:** Flüssige Flächendichtungsprodukte können sowohl auf horizontale als auch auf vertikale Flanschflächen aufgetragen werden. Die Anwendung vorgefertigter Flächendichtungen ist häufig auf horizontale Flansche beschränkt, da normalerweise zusätzlicher Klebstoff erforderlich ist, um sie auf vertikalen Flanschflächen in der vorgesehenen Position zu halten.

### Korrekte Handhabung

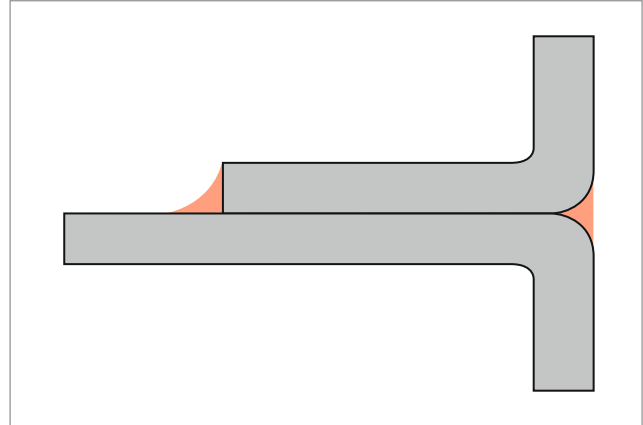
Stifte und Gewindebohrungen sollten angefasst werden, um Grate und dadurch entstehende Spalte zu verhindern. Unabhängig vom angewendeten Auftragsverfahren ist das Dichtungsmaterial fortlaufend in oder um die Gewindebohrungen aufzubringen, um sekundäre Leckagewege auszuschließen. Obwohl anaerobe Dichtstoffe nach dem Auftragen auf die Flanschoberfläche normalerweise unbeschränkt lange „offen“ liegen dürfen, ist es empfehlenswert, die Montage innerhalb einer Stunde vorzunehmen, um die Wahrscheinlichkeit einer Verunreinigung durch Partikelchen auf ein Minimum zu reduzieren. Desgleichen sollten Siebdruck- oder Schablonendruckgeräte mit Staubabdeckungen ausgerüstet sein. Zur Montage großer Bauteile sollten Passstifte verwendet werden, um ein Verschmieren des Dichtungsmaterials bei der Montage zu verhindern.

Anaerobe Dichtstoffe härten zwischen Metallflächen schnell aus. Dies lässt sich durch Wärmezufuhr und/oder Aktivatoren noch beschleunigen. Um eine erfolgreiche Dichtwirkung zu gewährleisten, müssen sämtliche Schrauben unmittelbar nach der Montage mit dem vorgeschriebenen Drehmoment angezogen werden. Zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Klemmkraft während der Aushärtung benötigen vormontierte Teile eventuell zusätzliche Schrauben. Vor der Druckprüfung ist die maximal mögliche Zeit abzuwarten, um das Dichtungsmaterial aushärten zu lassen. Um sicherzustellen, dass die Dichtwirkung einwandfrei ist, darf nur der geringstmögliche Luftdruck über einen möglichst kurzen Zeitraum aufgebracht werden, ohne die Bauteile gegeneinander zu verschieben. Die kurzfristige Druckbeständigkeit ist von der Flanschbreite, dem Dichtungsmaterial, der statischen Viskosität und dem zu dichtenden Spalt abhängig.

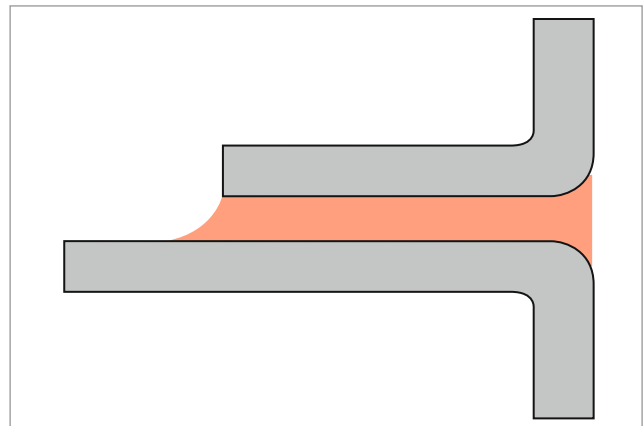


Anwendungsbeispiel

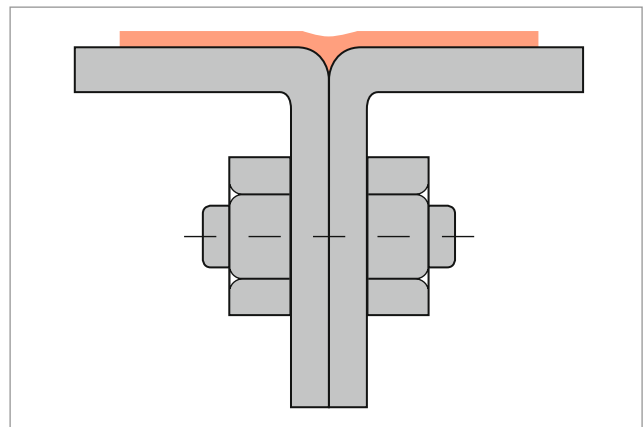
Quelle: Henkel AG &amp; Co. KGaA



Abbdichten von Nähten



Abbdichten von Fugen oder Überlappungen



Flächen-Abdichtung

Quelle: Henkel AG &amp; Co. KGaA

# Dichtungstechnik

## Elastisches Dichten/Plastisches Dichten

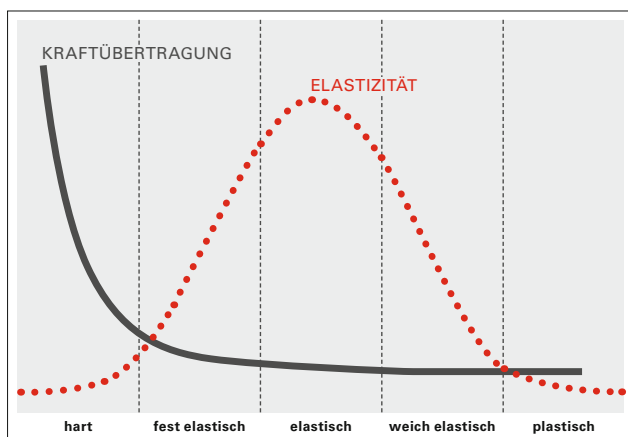
### Elastisches Dichten

Elastisches Dichten bedeutet das Einbringen geeigneter Stoffe in eine Fuge, um das Eindringen von Feuchtigkeit und/oder Luft zwischen Bauelementen, Bauteilen und Bauwerkteilen aus gleichen oder unterschiedlichen Baustoffen zu verhindern. Elastische Dichtstoffe erzielen ihre Dichtwirkung durch Haftung auf den Oberflächen. Durch sein elastisches Verhalten bildet der Dichtstoff eine Barriere, die das Eindringen von Medien verhindert; Relativbewegungen werden jedoch toleriert.

### Plastisches Dichten

Beim plastischen Dichten wird ein geeignetes Produkt in die Fuge eingebracht, um eine mediendichte Barriere zu bilden. Das Hauptkriterium für die Auswahl eines plastischen Dichtstoffes (neben der Dichtwirkung/Funktion als Mediensperre) ist sein mechanisches Verhalten unter Deformation.

Unter Krafteinwirkung verformt sich jeder Dichtstoff. Diese Verformung hat sowohl einen plastischen (verformbaren) als auch einen elastischen (gummiartigen) Anteil. Wenn der plastische Anteil überwiegt, spricht man von einem plastischen Dichtstoff.



Quelle: Henkel AG & Co. KGaA

Zuverlässigkeit und Sicherheit von Anlagen, Maschinen und Apparaten hängen oft entscheidend von der Art des Zusammenfügens der einzelnen Bauelemente, von der Abdichtung zwischen diesen Teilen und der einwandfreien und langlebigen Funktion der verwendeten Dichtstoffe ab.

Unter dem Begriff Dichtstoffe werden plastische und/oder elastische Massen auf Polymer-Basis zusammengefasst, die zum Abdichten von Fugen und Nähten verwendet werden (nach DIN 52460).

Bei Erfüllung dieser Aufgaben stellen die Dichtstoffe eine „Brücke“ zwischen der Oberfläche der Werkstücke aus gleichen oder unterschiedlichen Materialien her.

Der Funktionsmechanismus wird wesentlich von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Oberflächenhaftung des Dichtstoffes am Werkstück (Adhäsion)
- Festigkeit innerhalb des Dichtstoffes (Kohäsion)

### Geeignete Dichtstoffe

- verhindern mögliche Schadensereignisse (z. B. durch Schutz gegen ungünstige Umwelteinflüsse, Ein- oder Austritt von gefährlichen Stoffen und Gasen, Korrosion usw.)
- erlauben eine Vereinfachung der Konstruktion und erhöhen die Steifigkeit gegen dynamische Belastungen durch kraftschlüssige Verbindungen
- geben eine optisch/ästhetisch einwandfreie Sichtfläche durch Abdeckung der fertigungsbedingten Fugen und Nähte sowie deren Toleranzen

### Anwendungsmöglichkeiten der Dichtstoffe

Mit dem Fortschritt der Dichtstoff-Technik und durch neue, moderne Konstruktionsmethoden sind den Anwendungsmöglichkeiten kaum Grenzen gesetzt. Jedoch ist es möglich, die Vielfalt der Einsatzbereiche in wenige Grundanwendungsarten einzuteilen:

- Nahtabdichtung
- Fugenabdichtung
- Flächenabdichtung
- Abdichtung von Durchbrüchen

### Charakterisierung der Dichtstoffe

Aufgrund der Vielzahl der praxisrelevanten Eigenschaftsmerkmale können die Dichtstoffe nach den unterschiedlichsten Kriterien klassifiziert werden.

### Einteilung nach Rohstoffbasen oder Handelsnamen:

- Silikon
- Polyacryl
- Polysulfid
- Polyurethan
- silanmodifizierter Polyether
- Butyl
- Polyisobutylen



# Dichtungstechnik

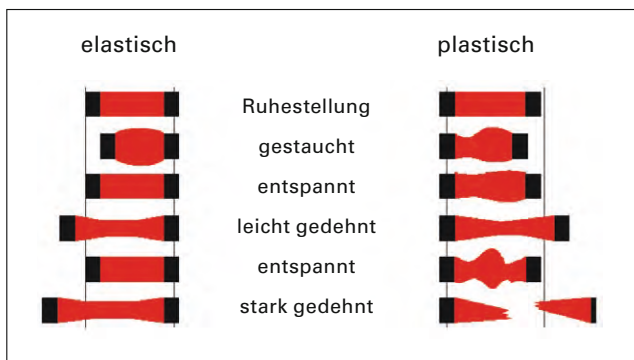
## Elastisches Dichten/Plastisches Dichten

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Dichtstoffe hängen sehr stark von den gewählten Rohstoffbasen ab. Jedoch lassen sich bei gleicher Rohstoffbasis durch Rezeptmodifizierung viele unterschiedliche Eigenschaften herausarbeiten.

### Einteilung nach physikalischen Eigenschaften

**Elastische Dichtstoffe** weisen ein hohes Rückstellvermögen (~ 70 %) und eine hohe zulässige Gesamtverformung (über 20 %) auf. Nach Abschluss der chemischen Reaktion lassen sie sich durch äußere Krafteinwirkung (Dehnung oder Stauchung) reversibel verformen.

**Plastische Dichtstoffe** besitzen kein oder nur ein sehr geringes Rückstellvermögen (< 20 %) und eine geringe zulässige Gesamtverformung (bis ca. 5%). Nach der physikalischen oder chemischen Reaktion führen auftretende Krafteinwirkungen leicht zu bleibenden Verformungen oder zu Abrissen.



elastisches/plastisches Dichten

Quelle: Henkel AG & Co. KGaA

### Lieferform und Verarbeitung

- Düsenkartusche oder Beutelverpackung für handwerkliche oder für nicht automatisierbare Anwendungen. Die Verarbeitung erfolgt über Hand- oder Druckluftpistole vor, während oder nach der Montage.
- Großgebilde (Fässer, Hobbocks) für die industrielle Serienfertigung werden über Hobbock- oder Fasspumpen mit manuellem oder automatisiertem Raupen- oder Sprühauftrag vor, während oder nach der Montage verarbeitet
- maßgenau profilierte Bänder oder Schnüre auf Rollen und Spulen aufgewickelt
- Heiß-Butyle (durch Wärmeeinwirkung erweichende Butyle) in Großgebilden (Eimer, Hobbock, Fass)

### Silikone

Silikone vernetzen durch Luftfeuchtigkeit (1K), nach dem Mischen (2K) oder durch Temperatureinwirkung zu einem gummiartigen Hochleistungselastomer. Das ermöglicht elastisches Kleben und Dichten mit hoher Flexibilität. Silikone zeichnen sich durch ihre UV-Beständigkeit, Medienbeständigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit aus. Die max. zulässige Dauerbewegung beträgt 25%. Silikone sind nicht überlackierbar.

### Polyurethan-Dichtstoffe

Polyurethane sind vorwiegend als 1K-Produkte auf dem Markt. Sie härten durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit zu einer elastischen Dichtungsmasse aus. Je nach Einstellung sind diese Materialien weich bis hartelastisch, aber auch spachtelbar/verstreichbar. Die max. zulässige Dauerbewegung beträgt 10 – 25%. Polyurethan-Dichtstoffe sind im Allgemeinen anstrichverträglich.

### MS-Polymer

Silanmodifizierte Kleb- und Dichtstoffe auf Basis von MS-Polymeren sind als 1K-Systeme konzipiert und härten durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit aus. Sie zeigen eine sehr gute Witterungs- und Alterungsbeständigkeit sowie ein nahezu universelles Haftspektrum ohne Primer. Insbesondere bei kritischen Untergründen bieten MS-Dichtstoffe oftmals noch Problemlösungen, wo andere Systeme bereits versagen. In frischem Zustand sind MS-Dichtstoffe sowohl mit wässrigeren als auch lösungsmittelhaltigen Lacken überstreichbar.

### Dichtbänder und Schnüre

Universelles Dichtungsmaterial als profilierte Schnüre und Bänder sowie als Knetmasse auf hochwertiger Butyl-Kautschuk- oder Polyisobutyl-Basis. Die Produkte zeigen eine ausgezeichnete Verträglichkeit mit den verschiedenen Materialien und eine sehr gute Haftung auf allen trockenen Oberflächen. Sie sind einfach in der Verarbeitung und da sie sofort funktionstüchtig sind, erlauben sie eine hohe Montageproduktivität.

### Hilfsmittel: Primer und Reiniger

Um die Haftung auch auf haftungsfeindlichen Oberflächen zu verbessern, müssen Werkstücke gereinigt und gegebenenfalls geprimert werden. Darüber hinaus bieten die Primer auf alkalischen Untergründen, auf behandeltem und unbehandeltem Holz sowie auf manchen Kunststoffen eine wirksame Sperre gegen chemische Einflüsse, die den Dichtstoff und letztlich die Dichttheit ungünstig beeinflussen würden (z. B. Weichmacherwanderung). Die Dichtstoffe sowie Primer und Reiniger bilden ein aufeinander abgestimmtes System und erzielen auf kritischen Haftflächen ein optimales Dichterergebnis.

# Dichtungstechnik

## Elastisches Dichten/Plastisches Dichten

### Abdichten flexibler Flansche

Im Gegensatz zu steifen Flanschen werden flexible Flansche nicht an Stellen eingesetzt, an denen die höchstmögliche Steifigkeit des Bauteils erforderlich ist. Diese Flansche unterstützen die Funktion des Bauteils normalerweise nicht. Typische Beispiele sind:

- Abdeckung einer Öffnung in einem Gehäuse
- Abdichten und Zurückhalten einer Flüssigkeit im Inneren eines Bauteils oder der Schutz vor Verunreinigungen von außen
- Abdeckung sich bewegender Werkstücke aus Sicherheitsgründen
- Kapselung von Bauteilen zur Lärmdämpfung

Mikrobewegungen zwischen den Flanschen können deshalb toleriert werden und eine optimale Kraftverteilung über den Flansch ist nicht erforderlich.

### Beispiele für Bauteile mit flexibler Flanschkonstruktion:

- Kurbelgehäuseunterteil eines Kraftfahrzeugmotors
- Abdeckung der Steuerkette
- Abschlussdeckel eines Getriebes
- annähernd sämtliche gestanzten Stahlblechteile
- Gehäuse und Abdeckungen aus Kunststoff
- dünnwandige Metall-Gussteile

Neben den flexiblen Flanschen gibt es auch noch andere Arten von Flanschkonstruktionen, die ebenfalls flexible Flächendichtungen benötigen. Zu diesen Teilen gehören:

- Teile, bei denen die für anaerobe Klebstoffe erforderliche Flächenpressungsverteilung nicht erzielt werden kann
- Verbindungen mit unterschiedlichen Flanschmaterialien und großen Unterschieden hinsichtlich der Wärmeausdehnungskoeffizienten, die zu Flanschbiegungen führen können
- Flansche, bei denen mehr als zwei Teile zu einem T-Stoß verbunden werden

Bei den herkömmlichen Flächendichtungen, die auf flexiblen Flanschen verwendet werden, handelt es sich um Gummi- oder O-Ring-Dichtungen. Die Nachteile dieser Produkte sind mit denen anderer vorgefertigter Flächendichtungen vergleichbar. Der Einsatz eines FIP-Produktes zusammen mit der entsprechenden Flanschkonstruktion kann diese Nachteile beseitigen und eine zuverlässige Dichtheit erzeugen. Es gibt elastische Dichtstoffe, die so entwickelt wurden, dass sie sämtliche Anforderungen einer Flächendichtung für flexible Dichtfugen erfüllen.

### Diese Produkte bieten:

- hohe Bruchdehnung um Mikrobewegungen standzuhalten
- hervorragende Langzeit-Adhäsion zu den meisten Materialien
- einen vom Werkstoff unabhängigen Aushärtemechanismus, so dass sie auf Metall, beschichtetem Metall und Kunststoffen verwendet werden können
- ausgezeichnetes Durchhärteverhalten, so dass große Spalten abgedichtet werden können (bis zu mehreren Millimetern)
- eine große Betriebstemperaturspanne (-70 °C bis +230 °C, kurzfristige Einwirkung von Temperaturen bis zu 340 °C)

### Korrekte Handhabung

Die Dichtwirkung beruht auf Adhäsion und nicht auf Kompression. Daher müssen die Teile gefügt werden, bevor der Dichtstoff eine Haut bildet. Damit die Verbindung bei Bewegungen des Flansches langfristig dicht bleibt, muss die Adhäsion über die gesamte Lebensdauer hinweg erhalten bleiben. Wenn die Flansche sich bewegen, dehnt sich der Dichtstoff bei gleichzeitig steigender Spannung in der Dichtfuge. Übersteigt die Spannung in der Dichtfuge die Adhäsions- oder die Kohäsionsfestigkeit des Materials, versagt die Dichtung.

Für erfolgreiche Dichtungsanwendungen ist die Sauberkeit der Oberfläche von grundlegender Bedeutung. Auf verunreinigten Flächen tritt bereits bei geringerer Kräfteinwirkung ein Adhäsionsversagen auf, so dass sich die maximal mögliche Bewegung der Flansche bis zum Versagen der Dichtung reduziert. Thermische Wechselbeanspruchung und/oder hohe Belastungen können ausgehärtetes Dichtmaterial von verunreinigten Oberflächen abscheren. Es ist eine ununterbrochene Raupe innerhalb oder rund um die Passstifte und Schraubenlöcher aufzutragen, um sekundäre Leckagewege zu vermeiden. Sobald der Dichtstoff mit Luftfeuchtigkeit in Berührung kommt, beginnt er zu härten. Aus diesem Grund müssen die Bauteile unmittelbar nach dem Auftrag des Dichtungsmaterials gefügt werden.

Es ist zu berücksichtigen, dass elastische Dichtstoffe in Umgebungen mit niedriger Luftfeuchtigkeit langsamer aushärten. In Klimakammern kann die Aushärtegeschwindigkeit beschleunigt werden. Vor dem Leckagetest ist die maximal mögliche Aushärtezeit abzuwarten. Es darf nur der geringstmögliche Druck über einen möglichst kurzen Zeitraum verwendet werden, um die qualitativ hochwertige Dichtfuge nicht zu beschädigen. Die kurzfristige Druckbeständigkeit ist von der Flanschbreite, der statischen Viskosität und dem zu dichtenden Spalt abhängig.

### Dichtstoffauswahl

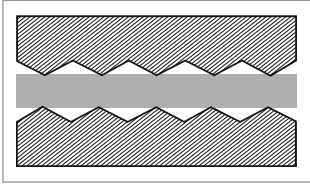
Die vielfältigen Anforderungen und die unterschiedlichen konstruktiven Bedingungen in Industrie und Handwerk verlangen die Anwendung unterschiedlicher Dichtstoffe. Die Leistungsfähigkeit und die physikalischen/mechanischen Eigenschaften der Dichtstoffe werden durch ihre Chemie vorgegeben. Man kann jedoch durch eine sorgfältige Auswahl des am besten geeigneten Dichtstoffes auf den Dichterfolg einen entscheidenden Einfluss nehmen. Denn die Wirksamkeit der Abdichtung wird wesentlich durch eine ausgewogene Abstimmung der Anforderungen mit den Eigenschaftsprofilen der Dichtstoffe bestimmt. Dabei müssen alle relevanten Einflussfaktoren erfasst und bewertet werden.

Nachfolgend sind nur einige der möglichen Auswahlkriterien als Beispiel aufgeführt:

- die konstruktiven Gegebenheiten und die daraus resultierenden Belastungen
- die technologischen Gegebenheiten in der Fertigung, die Verarbeitungsmethoden sowie deren Auswirkungen auf die Kosten
- die Haftflächen und deren Güte bzw. Beschaffenheit
- gewünschter Endzustand der Dichtstoffe nach der Durchhärtung (elastisch, plastisch usw.)
- Überlackierbarkeit
- die chemischen, thermischen, klimatischen und mechanischen Belastungen einzeln sowie in ihrer Wechselwirkung
- die arbeitsphysiologischen Anforderungen (Arbeits- und Gesundheitsschutz, räumliche Bedingungen und Belüftung usw.)

# Dichtungstechnik

## Definition statische Dichtungssysteme



### (PG) Preformed Gasket

Vorgeformte Dichtung, z. B. Formteile, Stanzteile

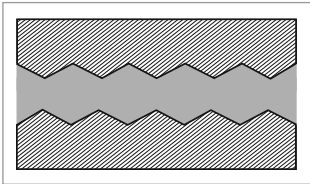
Keine Haftung der Dichtung, Herstellung im Spritzguss oder als Stanzteil oder Wasserstrahl-schneideteil, Dichtigkeit durch Verpressung, alle Elastomere

#### Vorteile

- hohe Werkstoffvielfalt
- geringe Kosten bei hohen Stückzahlen
- viel Erfahrung durch weite Verbreitung vorhanden

#### Nachteile

- schwierige Handhabung formlabiler Bauteile
- geringe Automatisierungsmöglichkeit
- hoher manueller Montageaufwand



### (FIGP) Formed-In-Place-Gasket

Frei aufgetragene Dichtung, Nassverbau

Haftung auf beiden Seiten, Raupenauftrag und Verbau vor der Vulkanisation, drucklose Abdichtung, RTV-1- und selbsthaftende RTV-2-Typen

- Normalerweise wird RTV-1 Silikonkautschuk in flüssig, pastöser Form auf das zu dichtende Teil aufgebracht.
- Der Auftrag erfolgt in hoher Präzision mit Roboter oder Koordinatentisch.
- Nach dem Zusammenfügen härtet der Silikonkautschuk unter dem Einfluss der Luftfeuchtigkeit.
- Die Dichtung haftet auf beiden Flanschteilen.
- Flächendichtung (Metall-Metall)
- Flanschoberflächen werden bis zu direktem Metall-Metall-Kontakt verpresst oder die Höhe durch Abstandshalter festgelegt.

#### Einsatzmöglichkeiten

- Ölwanne
- Kurbelgehäuse
- Steuergehäuse
- Ölabscheideblech

#### Vorteile

- Dichtung passt sich optimal dem Spalt an
  - keine Kompression der Dichtung
  - geringe Materialmenge
  - Rationalisierung in der Lagerhaltung und bei Änderung der Geometrie der Dichtungsteile
  - keine spezielle Bearbeitung der Flanschoberfläche notwendig
  - einfache Flanschkonstruktion
  - automatisch auftragbar
  - hohe Zuverlässigkeit der Dichtung durch gute Haftung
  - flexible und kostengünstige Lösung gegenüber vorgeformten Dichtungen
- FIGP-Technologie

#### Nachteile

- Zerstörung der Dichtung bei der Demontage
- Auftragsmenge muss kontrolliert werden
- volle Belastbarkeit erst nach Aushärtung

# Dichtungstechnik

## Definition statische Dichtungssysteme

### (CIPG) Cured-In-Place-Gasket

Frei aufgetragene Dichtung, Trockenverbau, Haftung auf einer Seite, Raupenauftrag, Verbau nach Vulkanisation, Dichtigkeit durch teilweise Verpressung, RTV-1- und RTV-2-Typen CIPG-Technologie

- Der Silikonkautschuk wird mit einem Misch- und Dosiergerät auf das zu dichtende Teil in flüssigem, pastösem Zustand gebracht.
- Die Raupe wird automatisch mit hoher Präzision über einen Roboter oder Koordinaten-tisch appliziert.
- Die Dichtung wird in einem Trockenschrank oder IR-Kanal vulkanisiert. Ein Tempern ist im Regelfall nicht erforderlich.
- Die Dichtung haftet verliersicher auf dem Teil und kann als Kompletteil weiter verbaut werden.

#### Vorteile

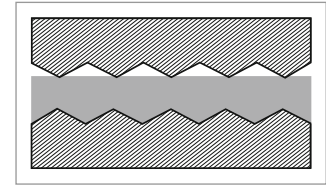
- automatische Aufbringung der Dichtung beim Systemlieferanten
- Dichtung haftet auf dem einen Teil, daher verliersicher
- keine Temperung der Dichtung notwendig
- wiederholte Demontage ohne Zerstörung der Dichtung möglich
- bei entsprechender Dimensionsauslegung Schall- und Geräuschkopplung möglich
- einfache Nutkonstruktion

#### Nachteile

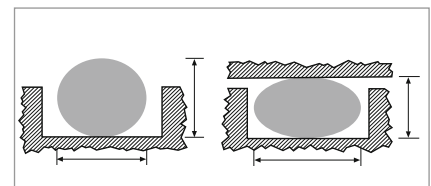
- Ausgangsmechanik nicht vergleichbar mit synthetischen Kautschuken
- Dichtungsersatz im Reparaturfall
- keine spezielle Profilierung der Dichtung möglich

#### Einsatzmöglichkeiten

- Wasserpumpe
- Thermostatgehäuse
- Kühlerstutzen
- Kühlerdichtungen
- Saugrohre
- Ventildeckelhaube



- Dichtung durch Verpressung im Bereich zwischen 25 – 35%, Kompression 25 – 35%
- Nutbreite etwa 1,3- bis 1,4-fache der Raupenbreite
- Silikonkautschuk elastisch, aber nicht kompressibel
- Raupe nicht rund applizierbar, soll breiter als hoch sein, Verhältnis  $BH = 1 : 0,8 - 0,6$



#### Vorteile

Siehe bei CIP

#### Nachteile

Siehe bei CIP

#### Einsatzmöglichkeiten

Siehe bei CIP

### (MIPG) Moulded-In-Place-Gasket

Dichtung (Verbundteil) direkt auf das Gehäuse aufgespritzt (Spritzguss), Dichtigkeit durch Verpressung, HTV- und LR-Typen MIPG-Technologie

- Dichtung wird im Spritzguss auf das zu dichtende Teil aufgespritzt.
- verliersichere Haftung auf dem Substrat
- Gegenform muss exakt schließen
- hohe technische Anforderungen an Bauteile
- HTV- bzw. LR-Silikonkautschuk aufvulkanisierte Formdichtung, Verbundteil

#### Vorteile

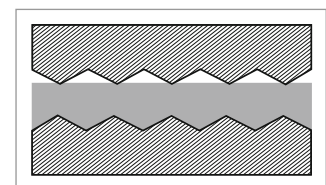
- Profilgeometrie variabel
- niedriger Verpressungsdruck
- gute Dichtigkeit bei Erhöhungen und Vertiefungen (Halbmonde)

#### Nachteile

- teure Formen
- nur geringe Dimensionsabweichungen der Metall- bzw. Kunststoffteile
- komplizierte Herstellung im Spritzguss

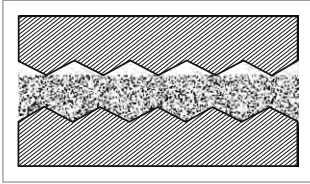
#### Einsatzmöglichkeiten

- Zylinderkopfhaube
- Gehäuse verschiedenster Art



# Dichtungstechnik

## Definition statische Dichtungssysteme



### (FIPFG) Formed-In-Place-Foamed-Gasket

Frei aufgetragene Silikon-Schaumdichtung

Haftung auf einer Seite, kompressible Dichtung, Raupenauftrag, Verbau nach Vulkanisation, Dichtigkeit durch teilweise Verpressung, Silikonschäume FIPFG-Technologie

- Beschränkung auf additionsvernetzende RTV-2-Schäume
- Die Komponenten A und B werden im dynamischen Mischer verarbeitet und sind meist mit Gas beladen.
- Die Mischung wird in fließfähiger oder standfester Form mit Roboter oder Koordinatentisch auf die abzudichtenden Teile aufgebracht.
- Auf den Teilen schäumt das Material auf (etwa das 2- bis 4-fache Volumen).
- Reaktion bei Raumtemperatur leicht exotherm
- je nach System in Minuten bis Stunden voll ausvulkanisiert
- Wärmeableitung oder Wärmezufuhr (Umgebungstemperatur, Erwärmung beim Mischen, Temperatur und Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes) beeinflussen Reaktionsgeschwindigkeit und Schaumstruktur
- Dichtung muss bei fließfähigen Systemen in Nut ausgeführt werden

### Einsatzmöglichkeiten

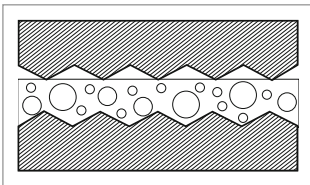
- Scheinwerfergehäuse
- Rücklichtgehäuse
- Ansaugrohr, Ansaugkanal
- Zündkabelabdeckungen
- Gehäuse verschiedenster Art
- Verpackungsindustrie

### Vorteile

- Dichtung kompressibel
- geringe Schließkräfte
- geschlossenzelliger Schaum
- hohe Toleranzen bei großen Dimensionsschwankungen
- automatische Applikation

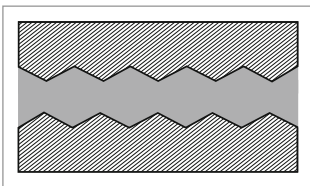
### Nachteile

- nicht geeignet bei Abdichtungen flüssiger Medien z. B. Öle, Kühlmittel
- hoher Maschinenaufwand
- Verarbeitungsbedingungen sind speziell auf Anwendungen einzustellen



### (CIPCG) Cured-In-Place-Compressible-Gasket

Frei aufgetragene Silikon-Dichtung mit kompressiblen Materialien



### (IIPG) Injected-In-Place-Gasket

Eingespritzte Silikon-Dichtung

# Dichtungstechnik

## O-Ringe – Null-Ringe – Runddichtringe

### Allgemeines zu O-Ringen

#### Beschreibung

Mit dem O-Ring steht dem Konstrukteur ein leistungsfähiges und wirtschaftliches Dichtelement für eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsfälle für den statischen oder dynamischen Einsatz zur Verfügung. Kostengünstige Herstellverfahren und einfache Handhabung machten den O-Ring zu der meistverwendeten Dichtung.

Eine große Auswahl von Elastomer-Werkstoffen für Standard- und Sonderanwendungen ermöglicht die Abdichtung nahezu aller flüssiger und gasförmiger Medien.

O-Ringe werden in Formen endlos vulkanisiert. Sie sind gekennzeichnet durch die Ringform mit einem kreisförmigen Querschnitt. Der O-Ring wird in seinen Abmessungen definiert durch den Innendurchmesser  $d_1$  und den Schnurdurchmesser  $d_2$  (siehe Bild).

Es stehen Schnurdurchmesser von ca. 0,35 bis 40 mm und Innendurchmesser bis 5000 mm zur Verfügung.

#### Vorteile

Im Vergleich zu anderen Dichtelementen hat der O-Ring vielfältige Vorteile:

- symmetrischer Querschnitt
- einfache, kompakte Ausführung
- selbsttätig und doppelt wirkend
- einfache Berechnung und Festlegung der Nut
- ungeteilte Nutausführung
- große Werkstoffauswahl
- breiter Anwendungsbereich

#### Anwendungen

O-Ringe finden Verwendung als primäre Dichtelemente und als Spannelemente für gummivorgespannte Hydraulikdichtungen und -abstreifer und decken somit eine Vielzahl von Anwendungsbereichen ab. Ob als Einzeldichtung für einen Reparaturfall oder als qualitätsgesichertes Dichtelement im Automobil- oder Maschinenbau – es gibt heute keinen Bereich in der Industrie, in dem der O-Ring nicht verwendet wird. Überwiegend wird der O-Ring bei statischen Abdichtungen eingesetzt:

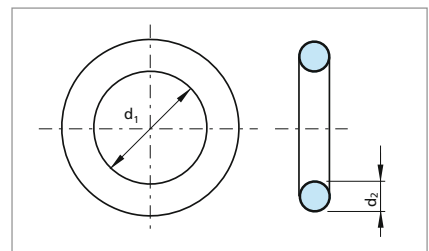
- als radial-statische Abdichtung, z. B. bei Buchsen, Deckeln, Rohren, Zylindern
- als axial-statische Abdichtung, z. B. bei Flanschen, Platten, Verschlüssen

Der dynamische Einsatz wird nur bei geringer Beanspruchung empfohlen. Er ist begrenzt durch die Geschwindigkeit und den abzudichtenden Druck:

- zur Abdichtung hin- und hergehender Kolben, Stangen, Plunger u. a.
- zur Abdichtung langsam schwenkender, rotierender oder schraubenförmiger Bewegungen an Wellen, Spindeln, Drehdurchführungen u. a.

#### Runddichtringe/Rundschnurringe/RSTV-O-Ringe

Eine Variante zu O-Ringen aus Werkzeugfertigung sind aus Rundschnur gefertigte und meistens stoßgeklebte oder stoßvulkanisierte Rundschnurringe oder Runddichtringe. Dabei haben Sie den Vorteil, praktisch jeden beliebigen Durchmesser anfertigen zu können. Die einzige Einschränkung sind die Schnurstärken. Diese sind meistens entsprechend den Schnurstärken von O-Ringen aus Werkzeugfertigung gestaffelt. Ihr Vorteil bei der Verwendung von Rundschnurringen sind sehr kurze Lieferzeiten von wenigen Tagen und die nicht vorhandenen Werkzeugkosten.



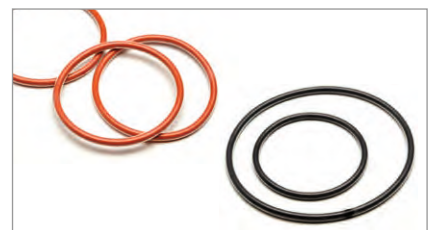
O-Ring Bemaßung



Elastomer O-Ringe  
(NBR, EPDM, FPM (FKM, Viton®), MVQ ...)



PTFE-umhüllte (ummantelte)  
Elastomer-O-Ringe



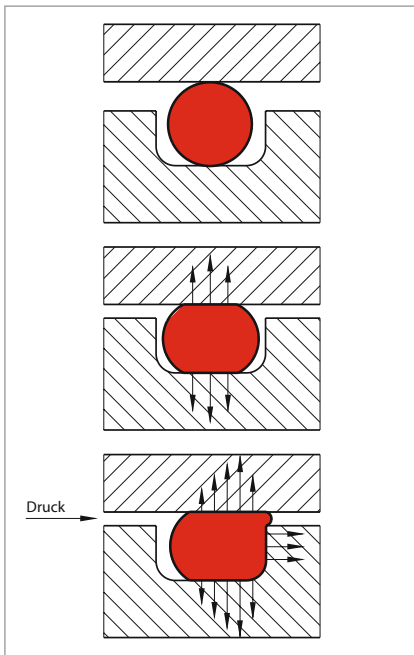
FEP und PFA ummantelte  
Elastomer-O-Ringe

# Dichtungstechnik

## Auslegung von elastomeren Dichtungen

### Wirkungsweise

O-Ringe sind selbsttätige, doppelt wirkende Dichtelemente. Die durch den Einbau in radialer oder axialer Richtung hervorgerufenen Anpresskräfte bewirken die Anfangsdichtheit. Sie werden vom Systemdruck überlagert. Dadurch entsteht eine Gesamtdichtpressung, die mit steigendem Systemdruck zunimmt. Der O-Ring verhält sich unter Druck ähnlich einer Flüssigkeit mit hoher Oberflächenspannung. Dadurch wird der Druck gleichmäßig nach allen Seiten übertragen.



O-Ring Anpresskräfte mit und ohne Systemdruck

### Vorpressung

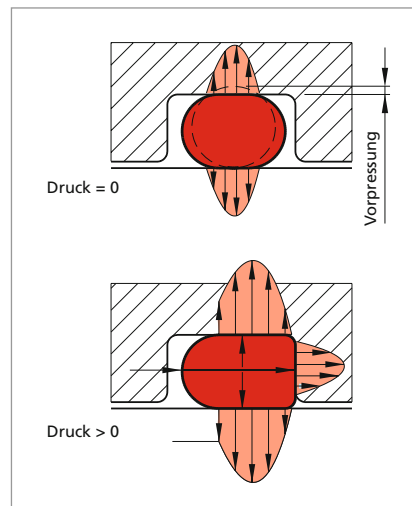
Die Vorpressung des O-Ringes in der Nut ist zur Sicherstellung der Funktion als Primär- oder Sekundär-Dichtelement erforderlich.

Sie dient u. a.:

- der Erzielung der Anfangsdichtheit
- der Überbrückung von fertigungsbedingten Toleranzen
- der Sicherstellung definierter Reibkräfte
- dem Ausgleich des Druckverformungsrestes (DVR)
- der Kompensation bei Verschleiß

Je nach Anwendung werden für die Vorpressung folgende Werte bezogen auf den Schnurdurchmesser ( $d_2$ ) empfohlen:

dynamischer Einbau:	6 bis 20 %
statischer Einbau:	15 bis 30 %



Dichtungsverlauf mit und ohne Druckbeaufschlagung

Quelle: Trelleborg Sealing Solutions

# Dichtungstechnik

## Kenndaten und Prüfungen von Elastomer-Werkstoffen

### Härte

Die Härte ist eine der am häufigsten genannten Eigenschaften von Gummiwerkstoffen. Trotzdem können die Werte sehr irreführend sein.

Härte ist der Widerstand eines Körpers gegen das Eindringen eines härteren Körpers bestimmter Form unter definierter Druckkraft.

Für Härteprüfungen an Normprobekörpern und an Fertigteilen aus elastomeren Werkstoffen kommen hauptsächlich zwei Verfahren zur Anwendung:

1. Shore A/D nach ISO 868/ISO 7619-1/ASTM D 2240  
Messung an Normprobekörpern
2. Kugeldruckhärte IRHD (International Rubber Hardness Degree) nach ISO 48/ASTM 1414 and 1415  
Messung an Normprobekörpern und Fertigteilen

Die Härteskala umfasst einen Bereich von 0 (kleinste Härte) bis 100 (größte Härte).

Die Messwerte sind abhängig von den viskoelastischen Eigenschaften des Elastomers, insbesondere vom Spannungswert. Die Prüfungen sollen bei  $23 \pm 2$  °C durchgeführt werden und nicht früher als 16 Stunden nach dem letzten Vulkanisations- bzw. Bearbeitungsvorgang. Bei anderen Prüftemperaturen sollte dies im Prüfbericht unbedingt vermerkt werden. Grundsätzlich sollten Prüfungen nur an mechanisch nicht vorbeanspruchten Proben durchgeführt werden.

### Härteprüfungen nach Shore A/D

Das Härteprüfgerät Shore A (Kegelstumpf) ist im Härtebereich 10 bis 90 sinnvoll anwendbar. Härtere Proben sollten mit dem Gerät nach Shore D (Kegelspitze) gemessen werden.

Normprobekörper:

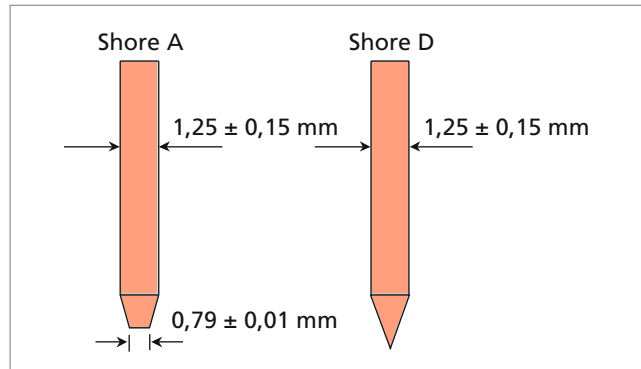
Durchmesser mind. 30 mm

Dicke mind. 6 mm

Ober- und Unterseite glatt und eben (plan)

Bei dünnerem Material darf geschichtet werden, wenn die Mindestprobendicke durch maximal 3 Schichten erreicht wird. Keine der Schichten darf eine Dicke von 2 mm unterschreiten.

Die Messung erfolgt an fünf verschiedenen Stellen in definiertem Abstand und definierter Zeit.



Prüfkörper (Eindringkörper) Shore A/D

### Härteprüfungen nach IRHD

Die Prüfung der Kugeldruckhärte nach IRHD wird sowohl an Normprobekörpern als auch an Fertigteilen angewandt.

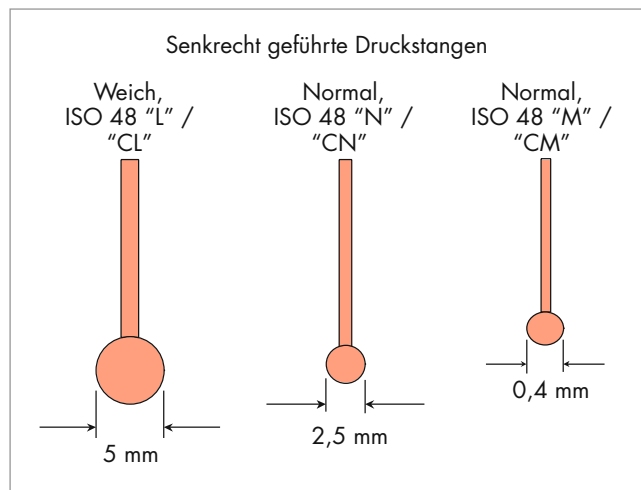
Die Prüfplatte ist in ihrer Dicke dem Härtebereich anzupassen.

Nach ISO 48 wird dabei in zwei Härtebereiche unterteilt.

Weich: 10 bis 35 IRHD ⇒ Probendicke über 10 bis 12 mm

Normal: über 35 IRHD ⇒ Probendicke 1,5 bis 2,5 mm / Messung nach DIN 53 519-2

An Fertigteilen oder Proben anderer Abmessung ermittelte Härtewerte weichen in der Regel von den an Normproben gemessenen Werten ab. Dies trifft hauptsächlich bei gekrümmter Oberfläche zu.



Prüfkörper (Eindringkörper) nach IRHD

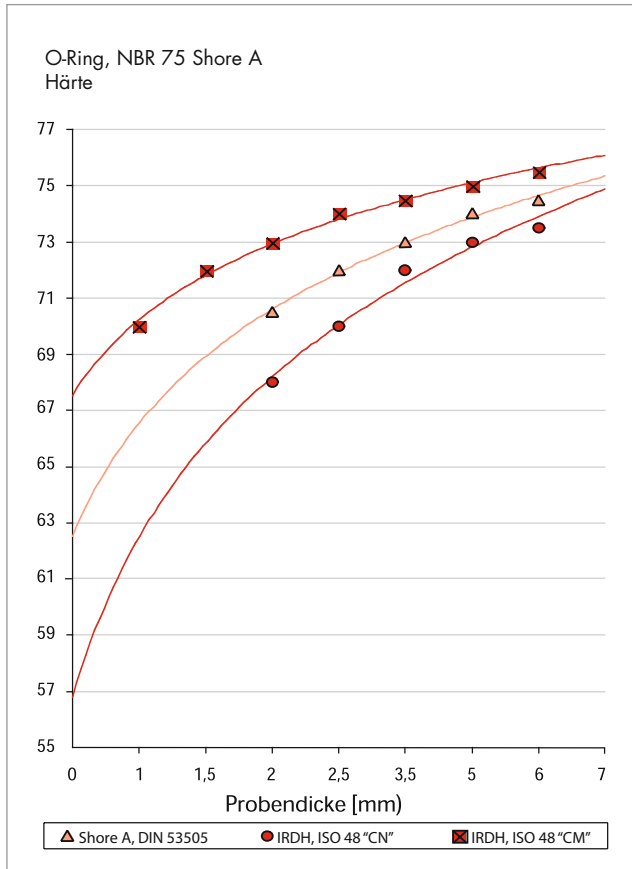
Quelle: Trelleborg Sealing Solutions



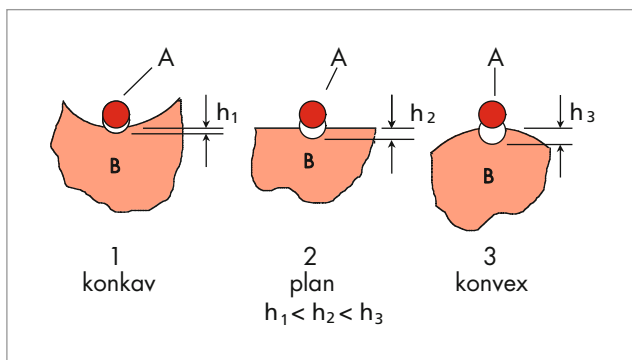
# Dichtungstechnik

## Einflussparameter bei der Härtemessung an elastomeren Formteilen

Unterschiedliche Probendicken, Probengeometrien sowie Prüfverfahren liefern bei gleichen Materialeigenschaften unterschiedliche Härtewerte.



Härteschwankungen in Abhängigkeit von Probendicke und Prüfverfahren



Härteschwankungen in Abhängigkeit von der Oberflächen-geometrie bei gleichen Materialeigenschaften

Bei gleichen Materialeigenschaften der Elastomer-Probekörper B dringt die Härtekugel bei Oberfläche 3 (konvex) am tiefsten ein und ermittelt somit die kleinste Härte.

Da sich die konvexe Geometrie (3) bei O-Ringen mit kleinen Schnurdurchmessern stärker auswirkt, sollten die Toleranzen der Härte bei Schnurdurchmessern unter 2,0 mm auf +5/-8 IRHD erweitert werden.

### Druckverformungsrest

Ein wichtiger Parameter für das Dichtverhalten ist der Druckverformungsrest (DVR) des O-Ring Werkstoffes. Elastomere zeigen unter Belastung neben einer elastischen Komponente auch eine dauerhafte, plastische Verformung.

Der Druckverformungsrest wird nach ISO 815 wie folgt ermittelt:

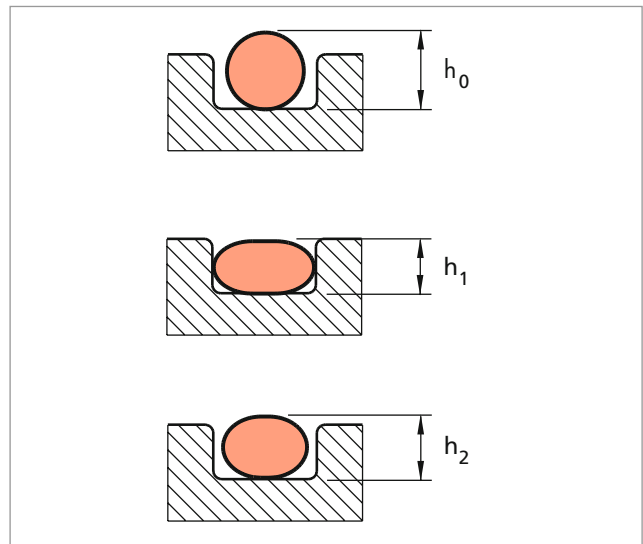
Normprobekörper: zylindrische Scheibe mit 13 mm Durchmesser und 6 mm Höhe

Verformung: 25%

Entspannungsdauer: 30 Minuten

$$CS = \frac{h_0 - h_2}{h_0 - h_1} \cdot 100(\%)$$

Mit  $h_0$  = ursprüngliche Höhe ( $d_2$ )  
 $h_1$  = Höhe im verformten Zustand  
 $h_2$  = Höhe nach Entspannung



Darstellung des Druckverformungsrestes

Quelle: Trelleborg Sealing Solutions

# Dichtungstechnik

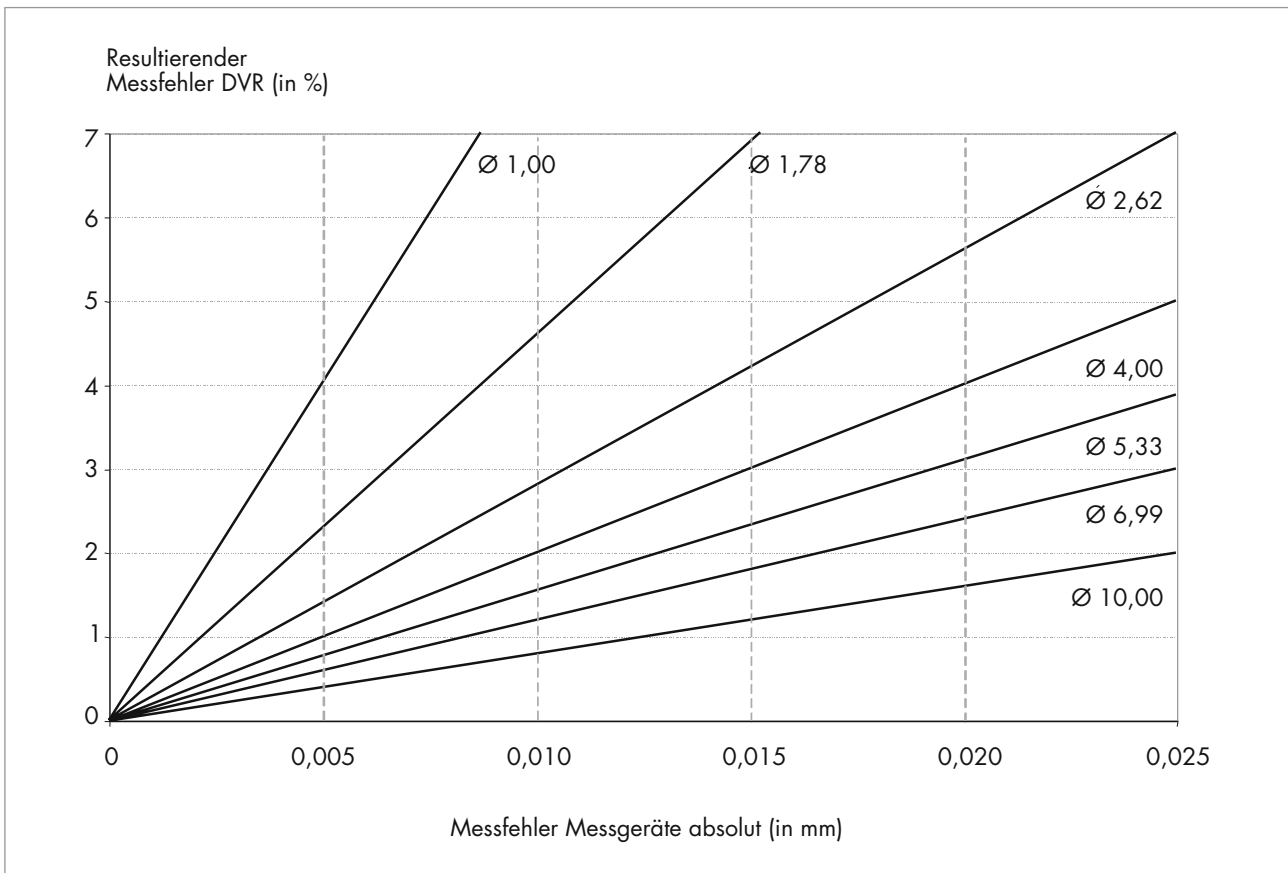
## Auslegung von elastomeren Dichtungen

Die Genauigkeit der Messwerte ist abhängig von:

- Probendicke
- Verformung
- Messfehlern

Somit sind am Prüfkörper ermittelte Werte nicht auf Fertigteile übertragbar. Bei der Messung am Fertigteil beeinflussen Geometrie und Abmessung sowie die Messgenauigkeit des Prüfmittels stark das Messergebnis.

Folgende Abbildung veranschaulicht den Einfluss unterschiedlicher Messfehler (in mm) auf den ermittelten DVR in Abhängigkeit von der Schnurstärke des gemessenen O-Rings.



Messfehler DVR in Abhängigkeit von Schnurstärke und Messgenauigkeit des Prüfmittels (schematische Darstellung)

Quelle: Trelleborg Sealing Solutions

# Dichtungstechnik

## Übersicht Richtlinien

Freigabe/ Prüfzeugnis/ Richtlinie	Anwendung	Kriterien/ Standards	Tests/Prüfungen/ Inhalte	Behörde/Verband	Prüfinstitut
ACS Zulassung	Kunststoffe in Kontakt mit Trinkwasser	French Standard AFNOR XP P41-250, Teil 1-3 Synoptic Paper 1226	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung der Rezeptur nach "Synoptic Documents"</li> <li>• Einlagerungsversuch (Mikrobenprüfung)</li> </ul>	ACS (Accréditation de conformité sanitaire)	3 verschiedene akkreditierte Prüflaboratorien Frankreich Paris/Vandoeuvre / Lille
BAM Empfehlung	Dichtungen für die Verwendung in Gas- und Sauerstoffarmaturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktives Verhalten mit Schmierstoffen</li> <li>• Druck- und Temperaturgrenzen (DIN4060)</li> <li>• Dichtungen und Bauteile</li> </ul>		BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung)	BAM, Berlin
BfR Empfehlung (bisher: BgVV)	Kunststoffe im Lebensmittelverkehr	Richtlinien des BfR ("Kunststoffe im Lebensmittelverkehr") unterschiedliche §§, je nach Anwendung des Dichtelements	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemische und physikalische Prüfung</li> <li>• Biologische Prüfung</li> <li>• Sterilisationstests</li> <li>• Geschmacksprüfung</li> </ul>	BfR (Bundesanstalt für Risikobewertung)	BAM, Berlin HY (Hygiene-Institut, Gelsenkirchen)
DVGW Freigabe für Gas	Dichtungen für Gasversorgung und Gasanwendung	EN 549 EN 682		DVGW, Bonn (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.)	TZW Forschungsstelle Prüflaboratorium Gas, Karlsruhe, MPA NRW, Dortmund
DVGW W270 Empfehlung	Werkstoffe im Trinkwasserbereich	DVGW, Arbeitsblatt W 270	Mikrobiologische Untersuchungen: Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen	DVGW, Bonn (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.)	TZW, Karlsruhe HY (Hygiene-Institut), Gelsenkirchen
FDA Richtlinie	Werkstoffe für den Einsatz im Lebensmittel- und Pharmabereich	U. a. "White List" (Liste über erlaubte Rezepturbestandteile) z. B. nach 21. CFR Part 177.2600	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung der Bestandteile nach "White List"</li> <li>• Erweitert für wässrige oder fettige Lebensmittel</li> <li>• Extraktionsprüfung für polare/unpolare Lösemittel</li> </ul>	FDA (Food and Drug Administration)	Selbst oder externe Labors
KTW Prüfzeugnis <sup>1</sup>	Kunststoffe in Trinkwasser; Kalt-, Warm- und Heißwasser	Richtlinien des BfR ("Kunststoffe im Lebensmittelverkehr") Teil 1.3.13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extraktionstest</li> <li>• Geruchs- und Geschmacksprüfung</li> <li>• Liste über erlaubte Rezepturbestandteile</li> </ul>	DVGW, Bonn (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.)	Umwelthygiene Institute, Gelsenkirchen TZW, Karlsruhe BAM, Berlin
NSF Freigabe	Lebensmittel- und Sanitärbereich	NSF Standards und Kriterien	Je nach Anwendungsfall: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung v. Einzelteilen</li> <li>• Prüfung v. Baugruppen</li> <li>• Phys. und chem. Werkstoffprüfungen</li> <li>• Toxikologische und mikrobiologische Prüfungen</li> </ul>	NSF (National Sanitation Foundation)	NSF, USA UL, USA
UL Listung	Verwendung von Dichtungen in elektrischen Geräten oder Anlagen	UL-Richtlinien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemische Verträglichkeitsprüfungen</li> <li>• Zusätzliche Prüfungen in Abhängigkeit von der Anwendung</li> </ul>	UL (Underwriters Laboratory)	Underwriters laboratory in USA/England
USP Prüfzeugnis	Anwendungen im medizinischen und pharmazeutischen Bereich	Unterschiedliche Spezifikationen: USP 26 et seqq., chapter 87, 88, Class I to VI,...	Je nach Spezifikation: <ul style="list-style-type: none"> <li>• intrakutane Reaktivitätstests</li> <li>• systemische Injektionen</li> <li>• Muskelimplantation</li> </ul>	USP (United States Pharmacopeia, USA)	Verschiedene Prüflaboratorien
WRAS Freigabe (alt: WRC)	Kunststoffe in Kontakt mit Trinkwasser	British Standard BS 6920 BS 2494	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rezepturprüfung</li> <li>• Mikrobenprüfung</li> <li>• Extraktionsprüfung</li> <li>• Heißwasserprüfung</li> </ul>	WRAS (Water Regulations Advisory Scheme)	Verschiedene akkreditierte Prüflaboratorien in England
18-03 3-A Sanitary	Lebensmittel	18-03 3-A Hygienestandards für Mehrwegteile aus Kautschuk und kautschukähnlichen Werkstoffen und Molkereianlagen	Beständigkeit und Medienprüfung mit unterschiedlichen Forderungen gemäß Klasseneinteilung I bis III	Organisationen: LAFIS, IAFP, USPHS, EHEDG, DIC	Verschiedene Laboratorien

<sup>1</sup> Stand 2011, Änderungen vorbehalten

# Schwingungsdämpfung

## Gummi-Metall-Lager

Gummi-Metall-Lager

- sind bestimmt für den vielfältigen Einsatz im Maschinen- und Ingenieurbau
- zur Schwingungsisolation von Antrieben und Maschinen
- zum Schutz von Instrumenten, Präzisionsmaschinen und Geräten vor Schwingung und Stoß
- zur Minderung und Dämmung von Körperschall
- ermöglichen Relativbewegungen und bauen dadurch Zwangskräfte und -spannungen ab.

Gummi verdankt seine guten Isolationseigenschaften zunächst seiner Fähigkeit, sich bis zu hohen Dehnungswerten zu verformen. Durch den niedrigen Elastizitätsmodul werden daher bei relativ kleinen Abmessungen der Elemente große Federwege erreicht, die für eine schwingungstechnisch richtige Auslegung elastischer Lagerungen notwendig sind.

Durch eine spezielle Rezeptur beim Aufbau der Gummimischungen sowie zweckmäßige Formgebung der Gummikörper können spezifische Eigenschaften der Federelemente erreicht werden, die es ermöglichen, sie den jeweiligen Einsatzbedingungen hervorragend anzupassen.

Die Elemente sind unempfindlich gegen Korrosion und daher wartungsfrei. Bei Bedarfsfällen können besonders öl- und witterungsbeständige Mischungen eingesetzt werden. Die Elemente können nur dann zuverlässig die ihnen gestellten Aufgaben erfüllen, wenn sie schwingungstechnisch richtig eingesetzt werden. Dazu soll der Beitrag über mechanische Schwingungen dem Konstrukteur Anleitung und Hilfestellung sein. Oftmals erweist sich jedoch die einfache Betrachtung eines Systems als Einmassenschwinger mit einem Freiheitsgrad als unzulänglich.

In diesen Fällen muss die Punktmasse zum „starrten Körper“ erweitert und dessen Schwingungsverhalten untersucht werden. Um den Umfang in Grenzen zu halten, musste auf die Herleitung der Bewegungsgleichungen verzichtet werden, nicht aber auf die Bereitstellung aller benötigten Matrixelemente zur elektronischen Bestimmung der erzwungenen und freien Schwingungsverläufe. Letztere sind, besonders bei vernachlässigter Dämpfung, in der Regel von untergeordnetem Interesse, wurden jedoch aus methodischen Erwägungen aufgenommen.

## Der Schubmodul

Die wichtigste Größe zur rechnerischen Behandlung von Gummifedern ist der Schubmodul (Gleitmodul)  $G$ . Er ist nicht von der Konstruktionsform der Gummifedern abhängig, sondern nur von dem Werkstoff Gummi. Der Schubmodul liegt in Abhängigkeit von der Shore-Härte für jede Gummimischung fest.

# Schwingungsdämpfung

## Der Elastizitätsmodul

Zwischen dem Elastizitätsmodul  $E$  und dem Schubmodul  $G$  besteht die aus der Elastizitätstheorie bekannte Beziehung:

$$G = \frac{E}{2(1 + \frac{1}{\mu})}$$

Darin ist  $\mu$  die Querdehnungszahl oder Poissonsche Konstante. Gummi als volumenelastischer und völlig inkompressibler Werkstoff hat eine Querdehnungszahl  $\mu = -2$ , woraus

$$E = 3G \quad \text{folgt.}$$

Diese Beziehung ist für die Berechnung von Gummifedern unbrauchbar, weil druckbeanspruchte Elastomerefedern – primäres Betätigungsfeld ingenieurmäßiger Berechnung und Konstruktion – in ihrem Druck-Stauchungsverhalten weniger von der Werkstoffhärte, als vielmehr von der Gestalt, Form und dem Profil des Elastomerkörpers beeinflusst werden. Aus der festhaftenden Verbindung zwischen Metallplatte und Gummikörper (gebundene Gummifeder) resultiert eine Behinderung der Querdehnung an den Stirnflächen und damit eine ungleichmäßige Verteilung der Schubspannungen als Einflussgrößen für die Steifigkeit des auf Druck beanspruchten Gummikörpers.

Zur praktischen Ermittlung der Druckfederkonstanten bedient man sich einer Ersatzrechnung, bei der ein formabhängiger Korrekturfaktor (Formfaktor)  $q$  eingeführt wird, der zwar kein echter Werkstoffkennwert ist, es aber erlaubt, das Hooksche Gesetz anzuwenden. Der Formfaktor wird aus dem Verhältnis der belasteten Körperfläche zur freien Mantelfläche (Auswölblfläche) des Elastomerelementes gebildet:

$q = \text{eine belastete Fläche/gesamte freie Oberfläche}$

Die Berechnung des Elastizitätsmoduls  $E_c$  kann für einfache geometrische Körper mit ausgeprägter Druckfläche wie Quader, Zylinder und Hohlzylinder nach der Formel:

$$E_c = 3G (1 + q + q^2)$$

erfolgen. Aus der Definition des Formfaktors folgt für einen Gummiquader der Breite  $b$ , Länge  $l$  und Höhe  $h$ :

$$q = \frac{bl}{2h(b+l)}$$

oder

$$q \approx \frac{b}{2h}$$

wenn gilt:  $l \gg b$

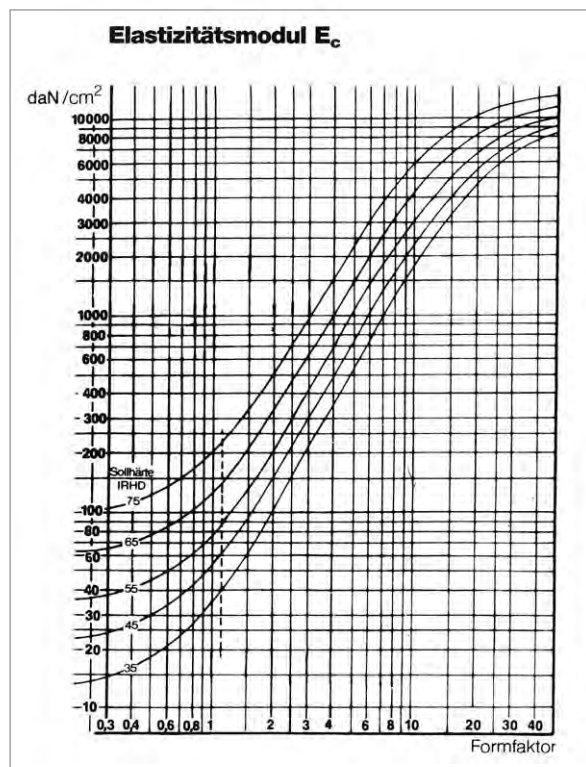
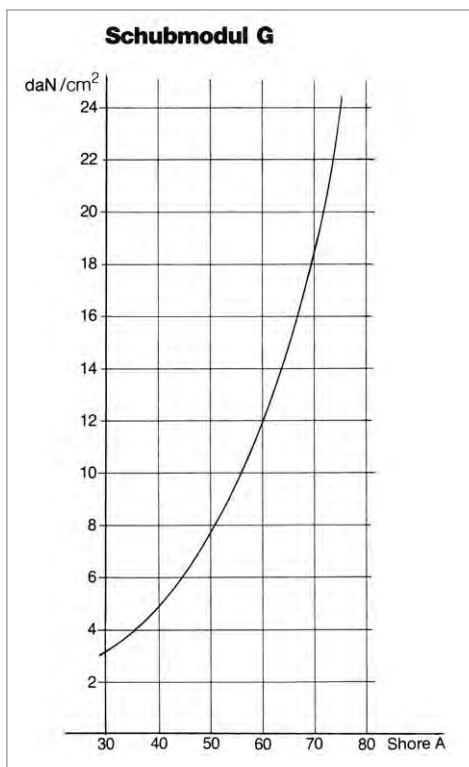
und für den Hohlzylinder mit dem Außendurchmesser  $D$ , dem Innendurchmesser  $d$  und der Höhe  $h$  ergibt sich:

$$q = \frac{D-d}{4h}$$

bzw.

$$q = \frac{D}{4h}$$

im Falle des Vollzylinders.

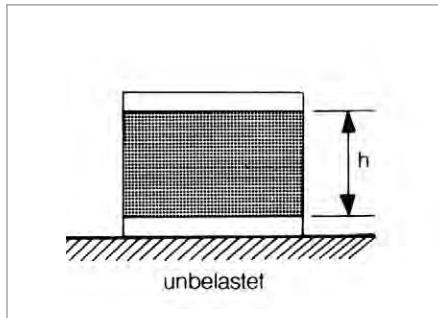


# Schwingungsdämpfung

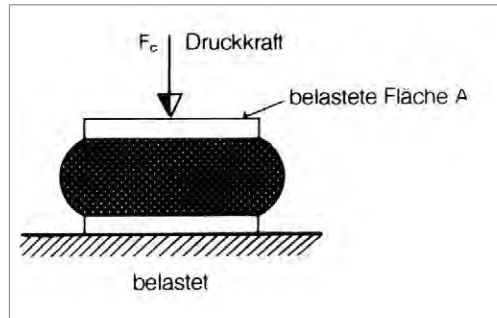
## Statische Druckbeanspruchung

Mit dem aus dem Gleitmodul und dem Formfaktor abgeleiteten Ersatzmodul  $E_c$  errechnet sich die Drucksteifigkeit  $k_c$  zu:

$$k_c = \frac{F_c}{f_c} = \frac{AE_c}{h}$$



Diese Gleichung gilt nur für den linearen oder quasilinearen Druck-Verformungsbereich, d. h. solange die statische Einfederung  $f_c$  keine Werte größer als ca. 20% der unbelasteten Gummihöhe  $h$  annimmt. Aus Haltbarkeitsgründen wird man jedoch nur 10% bis höchstens 15% von  $h$  bei der praktischen Auslegung zulassen.



## Statische Schubbeanspruchung

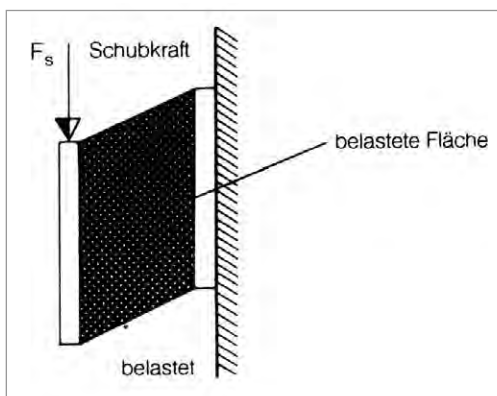
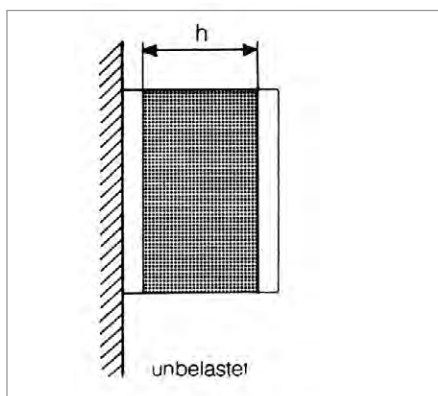
Ersetzt man in obiger Gleichung den Ersatzmodul  $E_c$  durch den Gleitmodul  $G$ , erhält man bei ausschließlicher Schubbelastung für die Schubsteifigkeit:

$$k_s = \frac{F_s}{f_s} = \frac{AG}{h}$$

Die Linearitätsgrenze der Schubverformung  $f_s$  liegt bei ca. 35% der Gummischichtdicke. Aus den bereits genannten Gründen sollte  $f_s$  nicht mehr als ein Viertel der Gummihöhe betragen.

Sind den Schubverformungen Druckspannungen überlagert, so führt dies je nach Federaufbau zu einem mitunter auch überproportionalen Abfall der Schubsteifigkeit, was im Hinblick auf den jeweiligen Einsatzfall bedeutsam werden kann.

Mit zunehmendem Verhältnis der Höhe einer Elastomercfeder zu ihren Grundrissabmessungen wird die Schubverformung zusätzlich von der sogenannten Doppelbiegung überlagert; der Schubwiderstand wird relativ kleiner. Für die praktische Bemessung ist dieser virtuelle Schubmodul  $G'$  maßgebend.



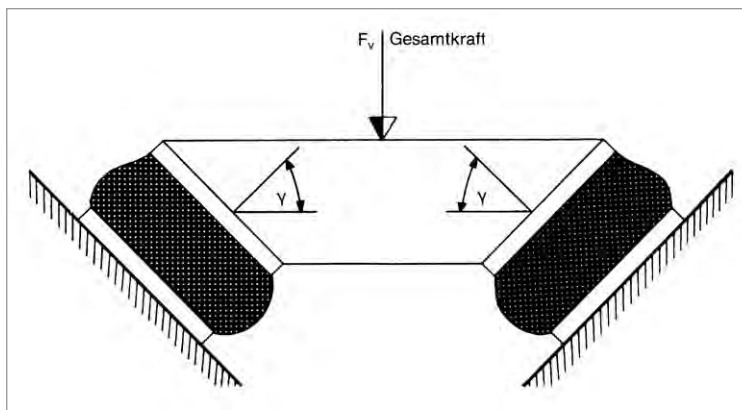
# Schwingungsdämpfung

## Schräglagerung

Durch einen zu den Systemachsen geneigten Einbau von Einzelfedern oder Federpaketen lassen sich die guten Druck- und Schubverformungseigenschaften von Elastomern in idealer Weise miteinander kombinieren. So eignet sich die Schräglagerung beispielsweise besonders gut für Schiffshauptantriebe, wo sie nicht nur einen Beitrag zur Schwingungsentkopplung leistet, sondern auch wegen der im Vergleich zur Drucksteifigkeit niedrigeren Schubsteifigkeit, die

„Roll“-Eigenfrequenz (Drehschwingung um die Motorlängsachse) und die Eigenfrequenz der Vertikalschwingung herabsetzt. Für ein Paar unter dem Winkel  $\gamma$  geneigte Federn lässt sich die vertikale Gesamtsteifigkeit  $k_v$  mit bekannten Druck- und Schubsteifigkeiten  $k_c$  und  $k_s$  berechnen:

$$k_v = \frac{F_v}{f_v} = 2 (k_c \sin^2 \gamma + k_s \cos^2 \gamma)$$



## Zugbeanspruchung

Zugbeanspruchung führt in Gummi-Metallverbindungen zu Spitzenspannungen an den Haftträgern. Durch Vergrößerung der Haftfläche (z. B. bei Taillenpuffern) lassen sich diese Spannungen zwar abbauen, doch sollten Zugbeanspruchungen wegen der Kerbempfindlichkeit des Kautschuks generell vermieden werden.

## Elastomerauswahl

Elastomere sind aus unterschiedlichen Kautschuk-Basisstoffen (Polymeren) aufgebaute Werkstoffe, die entsprechend dem verwendeten Polymer und den Mischungszusätzen unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.

Neben den Werkstoffeigenschaften einer Gummifeder, die sich aus ihrem Aufbau (Rezeptur) herleiten, lassen sich durch konstruktive Maßnahmen elastische Lagerungselemente entwickeln, die dem besonderen Einsatzfall hervorragend angepasst sind.

Die Vielfalt der Kombinationsmöglichkeiten von Polymeren und Mischungszusätzen erschwert eine optimale Werkstoffauswahl. Hinzu kommt, dass sich durch einseitige Bevorzugung eines bestimmten Merkmals die übrigen und damit die Lagerung insgesamt verschlechtern können.

# Schwingungsdämpfung

## Orientierungstafel für die Vorauswahl von Elastomerwerkstoffen

Daten					Elastomer- Werkstoffbasis  chemisch- technische Bezeichnung  darunter: (Handelsnamen) Beispiele	Kurzeichen	Eigenschaften												
Lieferbare Härten (Shore A)	Temperaturbeständigkeit	kurzzeitige Spitzentemp.	Zugfestigkeit (N/mm <sup>2</sup> )	Zugdehnung %			Zugfestigkeit	Einreißwiderstand	Abriebwiderstand	Rückstellvermögen	Stoßelastizität	Ozónbeständigkeit	Flammwidrigkeit	Säurebeständigkeit (verd.)	Benzin- und Mineralölbest.	Gasundurchlässigkeit	Wasseraufnahmebest.	- Temperaturbeständigkeit	+ Temperaturbeständigkeit
25-95	-40 +110	+100	25	800	Naturkautschuk	NR	2	2	2	2	1	4	5	3	5	4	3	2	4
30-90	-30 +120	+150	25	450	Chloroprenkautschuk (Bayprene, Neoprene)	CR	2	3	2	3	2	2	2	3	3	4	4	3	
30-90	-40 +150	+180	20	450	Äthylen-Propylen- Kautschuk	EPDM	3	4	3	3	3	1	6	3	5	3	2	3	2
25-95	-40 +140	+160	25	500	Nitrilkautschuk (Perbunan)	NBR	3	4	3	3	3	5	5	3	1	3	3	4	3
35-95	-30 +110	+150	25	450	Styrol-Butadien- Kautschuk	SBR	3	3	2	3	3	5	5	3	5	3	3	3	3
55-98	-30 +80	+100	30	800	Polyurethankautschuk (Urepan)	PUR	1	2	1	3	3	2	4	5	2	4	5	3	4
40-80	-70 +180	+225	8	250	Siliconkautschuk	SI	5	5	5	5	2	1	4	3	5	5	4	1	1
65-90	-30 +225	+350	20	400	Fluor-Kautschuk (Viton)	FPM	3	2	5	5	4	1	1	1	1	1	-	4	1

1 = sehr gut 2 = gut 3 = befriedigend 4 = ausreichend 5 = mangelhaft 6 = ungenügend

Die tabellarische Zusammenstellung von Werkstoffeigenschaften ist nur als grobe Orientierung zu verstehen. Durch Modifikation der Rezepturen bedingte Eigenschaftsabweichungen verändern das Vergleichsbild.



# Schwingungsdämpfung

## Prüfungen elastomerer Werkstoffe (Natur- und Synthetikgummi)

Kautschuk-Prüfungen dienen der Bestimmung von Qualitätsmerkmalen. Unter dem Einfluss von Kräften, Temperatur und Chemikalien ändern sich die Eigenschaften elastomerer Werkstoffe.

Es ist die Aufgabe der mit der Konstruktion und Bemessung von Elastomerfedern befassten Ingenieure, diesen Veränderungen Rechnung zu tragen und die Eigenschaftswerte so festzulegen, dass sie den Erfordernissen des praktischen Einsatzes genügen. Dabei ist wichtig, die Gesamtkonzeption im Auge zu behalten und ihre Verschlechterung nicht zuzulassen, um einseitig Höchstwerte eines bestimmten Eigenschaftsmerkmals zu erreichen. Eine Beurteilung ist aber erst dann möglich, wenn prüffähige Werkstoffkennwerte vorliegen, deren normgerechte Ermittlung zusammen mit ständiger Qualitätsprüfung durch unser Labor sichergestellt werden.

Folgende Messungen werden durchgeführt:

Dichte	DIN 53 479
Zugfestigkeit und Bruchdehnung	DIN 53 504
Stoßelastizität (Rückparallelizität)	DIN 53 512
Druckverformungsrest	DIN 53 517
Weiterreißeigenschaft (Strukturfestigkeit)	DIN 53 507
Eindruckhärte – Shorehärte	DIN 53 505
Verschleißbeständigkeit – DIN-Abrieb	DIN 53 516
Alterungsbeständigkeit	DIN 53 508

## Mechanische Bearbeitung von Kautschuk-Metall-Verbindungen

Nach der Vulkanisation müssen Gummi-Metall-Verbindungen oftmals ihrem Verwendungszweck entsprechend mechanisch bearbeitet, d. h. gesägt, gebohrt, geschliffen und geschweißt werden. Für das Sägen empfiehlt sich der Einsatz von Schnellsägemaschinen mit einer Schnittfrequenz > 100/min oder von Bandsägen mit gut geführtem Sägeblatt. Ausreichende Kühlung und Schmierung verhindern Überhitzung und gewährleisten saubere Bearbeitung.

Häufig sind auch Gewindelöcher und Durchgangsbohrungen anzubringen. Dabei sind die Bohrungen so auszuführen, dass ein Abtrennen des Kautschuks von der Haftfläche ausgeschlossen wird.

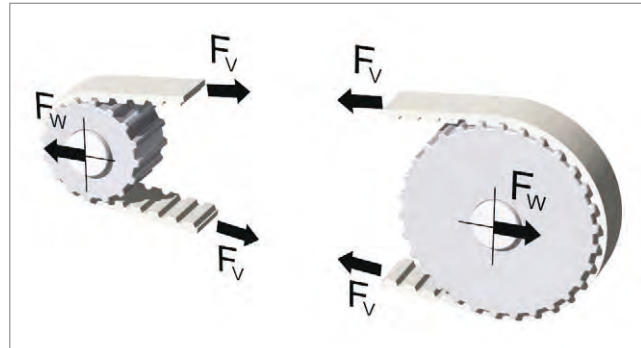
Bei Schleif- und Schweißarbeiten besteht das Risiko einer zu hohen Wärmeentwicklung an der Haftstelle zwischen Kautschuk und Metall und damit Ablösungsgefahr. Darum ist eine Erwärmung der Metallarmaturen über 70 °C unbedingt zu vermeiden.

# Antriebstechnik

## Vorspannkraft (am Beispiel des Polyurethan-Zahnriemens)

Die Vorspannung hat die Aufgabe, eine Mindestspannkraft im Leertrum zu garantieren, so dass ein störungsfreies Einzahnieren in die Abtriebsscheibe gewährleistet ist.

Die Vorspannung sollte generell nur so groß wie nötig eingestellt werden. Dabei ist die notwendige Vorspannkraft der Trume  $F_V$  von der max. Umfangskraft  $F_U$ , der Riemenlänge  $L_B$  (Zähnezahl  $Z_B$ ) und der Antriebskonfiguration abhängig.



Die in der Tabelle angegebenen Empfehlungen beziehen sich auf die Einstellung der Vorspannkraft je Trum.

Die Seilzugfestigkeit gilt in jedem Fall als obere Grenze für die Trumbelastung. Zu beachten ist, dass insbesondere bei Mehrwellen- und Linearantrieben mit einer Addition von Vorspannkraft und Umfangskraft zur Lasttrumkraft zu rechnen ist.

Antriebskonfiguration		Vorspannkraft je Trum
Zweiwellenantrieb	$Z_g < 60$	$F_V = 1/3 F_u$
	$60 \leq Z_B < 150$	$F_V = 1/2 F_u$
	$Z_B > 150$	$F_V = 2/3 F_u$
Mehrwellenantrieb	$I_{\text{Lasttrum}} \leq I_{\text{Leertrum}}$	$F_V = F_u$
	$I_{\text{Lasttrum}} > I_{\text{Leertrum}}$	$F_V > F_u$
Linearantrieb		$F_V \geq F_u$

## Einflussgrößen

### Steifigkeit des Riemens

Die Reibkräfte beim Zusammenwirken der Verzahnungen (besonders beim Leertrumeingriff) bewirken eine Erhöhung der Trumkräfte, welche den Betrag der Dehnung erhöhen. Dieser Einfluss führt gegebenenfalls dazu, dass die Leertrumverzahnung auf die Abtriebsscheibe aufläuft und gegebenenfalls überspringt. Da die Dehnung direkt von der Steifigkeit des Riemens abhängig ist, ermöglicht die hohe Steifigkeit der Stahlkord-Zugträger eine vergleichsweise geringe Vorspannung.

### Umfangskraft

Die Umfangskraft verhält sich proportional zur Dehnung des Lasttrums, d. h. mit einer zur Umfangskraft abgestimmten Vorspannung kann einer zu starken Entspannung des Leertrums entgegengewirkt werden.

### Riemenlänge

Die Dehnung der Riemen infolge der wirkenden Umfangskraft und Reibkräfte ist ebenfalls etwa proportional zur Riemenlänge. Die Tendenz des Hochlaufens bzw. des Überspringens wird deshalb wesentlich von der Länge des Riemens beeinflusst.

Ein sehr kurzer Zahnriemen wird sich auch bei großen Umfangskräften und daraus resultierenden Reibkräften sehr wenig dehnen, so dass selbst bei kleinen Vorspannkraften keine Gefahr des Hochlaufens oder Überspringens der Verzahnung besteht. Im Gegenteil, bei kurzen Zahnriemen können z. B. Rundlaufabweichungen der Scheiben sehr große Schwankungen der Vorspannung und damit extreme Spitzenwerte verursachen.

### Verhältnis der Trumlängen

Besonders bei Mehrwellenantrieben ist oftmals der Lasttrum deutlich länger als der Leertrum. So ergibt sich bereits bei geringer Dehnung des Lasttrums eine sehr ungünstige Entspannung des Leertrums. Die Vorspannkraft des Trums solcher Getriebe sollte deshalb höher als die Umfangskraft sein.

### Präzise Bewegungsübertragung

Mit BRECO®- und BRECOFLEX®-Zahnriemen sind im Reversierbetrieb hohe Übertragungsgenauigkeiten erreichbar, wenn Trumvorspannkraften in der Größe der Umfangskraft gewählt werden.

# Antriebstechnik

## Folgen falscher Vorspannungseinstellung

### Zu geringe Vorspannung

- Die Verzahnung des Leertrums läuft hoch bzw. klettert auf die Verzahnung der Abtriebs­scheibe
- Flankenverschleiß durch Reibkraft beim Einzahn
- Gewaltbruch durch Überdehnung beim vollständigen Aufklettern

### Zu große Vorspannung

- hohe Lagerbelastung der Wellen
- Verminderung der übertragbaren Leistung
- Verschleiß am Riemenzahn

### Allgemeine Hinweise Konstruktion

- In der Antriebskonfiguration ist mindestens eine Achse einstellbar auszuführen, bei fixen Achsabständen ist eine einstellbare Spannrolle (nicht federnd) anzuordnen.

- Die Lagerung muss absolut starr sein.
- Paralleler Lauf und Fluchtung der Synchroscheiben sind zu beachten.

### Transport/Lagerung

- Nach Anlieferung sofort auspacken und in Rundlage bei Zimmertemperatur in trockenen Räumen lagern.
- Nicht knicken.

## Messung mit Frequenzmessgerät

Mit Hilfe verschiedener Riemenspannungs-Messgeräte kann die Eigenfrequenz eines in Schwingung versetzten Riementrums gemessen werden. Aus der ermittelten Eigenfrequenz lässt sich die Vorspannkraft des Trums berechnen:

$$F_v = 4 \cdot m \cdot l_T^2 \cdot f^2$$

- f: Frequenz der Schwingung in Hertz  
 m: Masse des Riemens je Meter Länge in kg/m  
 l: Schwingungsfähige Trumlänge in m  
 F<sub>v</sub>: Trumkraft in N

Ist die Vorspannkraft vorgegeben, so kann die entsprechende Eigenfrequenz des Trums bestimmt werden:

$$f = \sqrt{\frac{F_v}{4 \cdot m \cdot l_T^2}}$$

**Fragen Sie uns nach den verschiedenen Messgeräten.**

### Montage

- Zahnriemen im schlaffen Zustand ohne Gewalteinwirkung auf die Zahnscheiben auflegen
- bei Fixachsabständen gewaltfreie Montage – eventuell mit Synchroscheiben gemeinsam montieren
- Vorspannkraft aufbringen
- verstellbare Achse gegen Verschieben sichern
- Zahnriemen dürfen nicht zwischen den Bordscheiben eingeklemmt werden

### Betrieb

- Antriebe vor Staub, Schmutz, heißen Umgebungsmedien sowie Säuren und Laugen schützen
- Umgebungstemperaturen (siehe Eigenschaften Polyurethan-zahnriemen) beachten

# Antriebstechnik

## Berechnungsgrundlagen (am Beispiel des Polyurethan-Zahnriemens)

Wenn in der Auslegung die Bedingungen für Zahntragfähigkeit (1.), für die Seilzugfestigkeit (2.) und für die Biegewilligkeit (3.) erfüllt sind, ist ein wartungsfreier Zahnriemenbetrieb zu erwarten.

### 1. Zahntragfähigkeit

spezifische Zahntragfähigkeit

Die spezifische Zahntragfähigkeit ist eine von der Drehzahl abhängige Größe. Die maximale spezifische Zahntragfähigkeit ist diejenige Grenzbelastung, die der Riemenzahn im Dauerbetrieb erträgt. Der Zahnriementrieb ist richtig ausgelegt, wenn die zulässige Zahntragfähigkeit nicht überschritten wird. Ein besonderer Sicherheitszuschlag ist in der Regel nicht notwendig.

Zum Beispiel wird die hohe spezifische Zahntragfähigkeit beim ATP-Profil durch die optimierte Kraft- und Spannungsverteilung erreicht. Die einwirkende Kraft wird auf zwei Zahnflanken verteilt.

Die Betriebskräfte verteilen sich um so günstiger, je mehr Riemenzähne in die Zahnscheibe eingreifen. Maximal eingreifende Zähnezahzahl bei BRECOFLEX®/SYNCHROFLEX®-Zahnriemen:  $Z_{\text{emax}} = 12$

Wegen der hohen Teilungsgenauigkeit kann bei BRECOFLEX®/SYNCHROFLEX®-Zahnriemen generell mit 12 tragenden Riemenzähnen gerechnet werden, wenn die Eingriffzähnezahl entsprechend groß ist.

### 2. Seilzugfestigkeit

zulässige Zugbelastung des Riemenquerschnitts

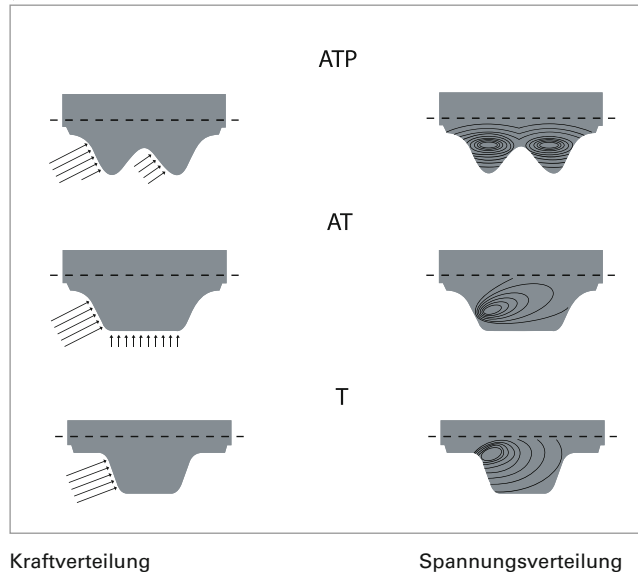
Der Zahnriemen ist richtig ausgelegt, wenn unter Betriebsbedingungen die max. zul. Zugkraft in den Stahlkord-Zugträgern nicht überschritten wird.

### 3. Biegewilligkeit

Mindestzähnezahl, Minstdurchmesser

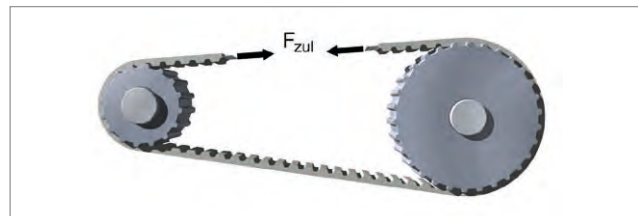
Je nach Riementyp werden die unterschiedlichen Mindestzähnezahlen bzw. Minstdurchmesser für den störungsfreien Betrieb empfohlen. Besonders zu beachten ist, dass bei Riemenanordnung „mit Gegenbiegung“ (z. B. durch Spannrolle) die Mindestzähnezahlen bzw. Minstdurchmesser größer sind.

Die Festlegung der Mindestzähnezahlen bzw. Minstdurchmesser für Zahnscheiben sowie Spann- und Rückenrollen erfolgt anhand einer Vielzahl verschiedener Parameter. U. a. sind hierbei die Einsatzbereiche der Riemen, die Riemenausführung und die Biegewilligkeit der Zugträger zu beachten.



Kraftverteilung

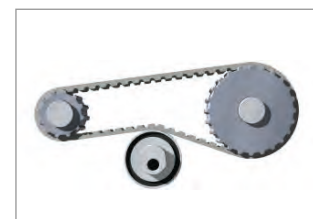
Spannungsverteilung



Seilzugfestigkeit



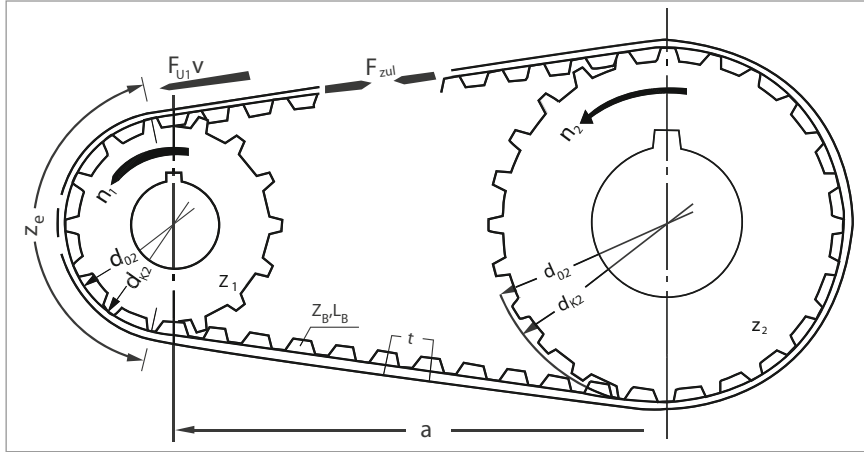
Antriebsanordnung  
ohne Gegenbiegung



Antriebsanordnung  
mit Gegenbiegung

# Antriebstechnik

## Berechnungsformeln



### Begriffe, Definitionen

Umfangskraft	$F_U$	[N]	Achsabstand	$a$	[mm]
spezifische Zahnkraft	$F_{U\text{spez}}$	[N/cm]	Riemenlänge	$L_B$	[mm]
zulässige Seilzugkraft	$F_{zul}$	[N]	Riemenbreite	$b$	[mm]
Vorspannkraft	$F_v$	[N]	Zahnscheibenbreite	$B$	[mm]
Wellenkraft	$F_w$	[N]	Bohrung Zahnscheibe	$d$	[mm]
Drehmoment	$M$	[Nm]	Wirkkreisdurchmesser	$d_o$	[mm]
Beschleunigungsmoment	$M_B$	[Nm]	Kopfkreisdurchmesser	$d_K$	[mm]
spezifisches Moment	$M_{\text{spez}}$	[Ncm/cm]	Trumlänge	$L_T$	[mm]
Leistung	$P$	[kW]	Teilung	$t$	[mm]
spezifische Leistung	$P_{\text{spez}}$	[W/cm]	Riemenzähnezahl	$z_B$	
Massenträgheitsmoment	$J$	[kgm <sup>2</sup> ]	Zähnezahl bei $i = 1$	$z$	
Masse	$m$	[kg]	Eingreifende Zähnezahl	$z_e$	
Dichte	$r$	[kg/dm <sup>3</sup> ]	Zähnezahl kleine Scheibe	$z_1$	
Geschwindigkeit	$v$	[m/s]	Zähnezahl große Scheibe	$z_2$	
Drehzahl	$n$	[min <sup>-1</sup> ]	Übersetzung	$i$	
Winkelgeschwindigkeit	$w$	[s <sup>-1</sup> ]	Beschleunigungszeit	$t_B$	[s]
Frequenz	$f_e$	[s <sup>-1</sup> ]			

$$F_U = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot M}{d_o}$$

$$= \frac{19,1 \cdot 10^6 \cdot P}{n \cdot d_o}$$

$$= \frac{10^3 \cdot P}{v}$$

**Umfangskraft**

$$M = \frac{d_o \cdot F_U}{2 \cdot 10^3}$$

$$= \frac{9,55 \cdot 10^3 \cdot P}{n}$$

$$= \frac{d_o \cdot P}{2 \cdot v}$$

**Drehmoment**

$$P = \frac{M \cdot n}{9,55 \cdot 10^3}$$

$$= \frac{F_U \cdot d_o \cdot n}{19,1 \cdot 10^6}$$

$$= \frac{F_U \cdot v}{10^3}$$

**Leistung**

$$L_B = 2a + \pi \cdot d_o$$

$$= 2a + z \cdot t$$

**Riemenlänge für  $i = 1$**

$$d_o = \frac{z \cdot t}{\pi}$$

**Wirkkreisdurchmesser**

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

**Winkelgeschwindigkeit**

$$n = \frac{19,1 \cdot 10^3 \cdot v}{d_o}$$

**Drehzahl**

$$v = \frac{d_o \cdot n}{19,1 \cdot 10^3}$$

**Umfangsgeschwindigkeit**

Alle Gleichungen sind mit den hier genannten Dimensionen anzuwenden.

$$M_B = \frac{J \cdot \Delta n}{9,55 \cdot t_B}$$

**Beschleunigungsmoment**

$$J = 98,2 \cdot 10^{-15} \cdot B \cdot \rho \cdot (d_K^4 - d^4)$$

**Massenträgheitsmoment**

# Antriebstechnik

## Toleranzen für BRECO®- und BRECOFLEX®-Zahnriemen

### Längentoleranz für BRECOFLEX®-Zahnriemen

Maßangaben in mm, bezogen auf die Riemenlänge

Riemenlänge (mm) bis...	Längentoleranz mm
300	+/-0,41
500	+/-0,53
700	+/-0,64
900	+/-0,75
1100	+/-0,85
1300	+/-0,95
1500	+/-1,04
1900	+/-1,13
2120	+/-1,22
2240	+/-1,31
2360	+/-1,36
2500	+/-1,44
2650	+/-1,49
2800	+/-1,57
3000	+/-1,61
3150	+/-1,74
3350	+/-1,82
3550	+/-1,91
3750	+/-2,03
4000	+/-2,11
4250	+/-2,24
4500	+/-2,32
4750	+/-2,40
5000	+/-2,52
5300	+/-2,64
5600	+/-2,72
6000	+/-2,92
6300	+/-3,04
6700	+/-3,19
7100	+/-3,35
7500	+/-3,51
8000	+/-3,70
9000	+/-4,09

### Längentoleranz für BRECO®-Zahnriemen\*

+/-0,8 mm/m

\*außer für ATL-Zahnriemen

### Breitentoleranz für BRECO®- und BRECOFLEX®-Zahnriemen

Riementyp Teilung	Toleranz mm
T2,5	+/-0,5
T5 / TK5	+/-0,5
T10 / TK10	+/-0,5
T20	+/-1,0
AT3	+/-0,5
AT5 / ATK5 / ATL5	+/-0,5
AT10 / ATK10 / ATL10 / ATN10 / SFAT10 /	+/-0,5
BAT10 / BATK10	
ATN12,7	+/-0,5
ATS15 / SFAT15 / BAT15 / BATK15	+/-1,0
AT20 / ATK20 / ATL20 / ATN20 / SFAT20	+/-1,0
ATP10	+/-0,5
ATP15	+/-0,5
XL	+/-0,5
L	+/-0,5
H	+/-0,5
XH	+/-1,0

# Antriebstechnik

## Toleranzen für CONTI SYNCHROFLEX®-Zahnriemen

Längentoleranzen für CONTI SYNCHROFLEX® Polyurethan-Zahnriemen in Standardausführung.  
Die Riemenmessung erfolgt nach DIN 7721, bezogen auf den Achsabstand.

Riemenlänge (mm)	Längentoleranz bezogen auf Achsabstand
bis 320 mm	+/-0,15 mm
320 – 630 mm	+/-0,18 mm
630 – 1000 mm	+/-0,25 mm
1000 – 1960 mm	+/-0,40 mm
1960 – 3500 mm	+/-0,50 mm
3500 – 4500 mm	+/-0,80 mm
4500 – 6000 mm	+/-1,20 mm

## Breitentoleranzen für CONTI SYNCHROFLEX® Polyurethan-Zahnriemen in Standardausführung

Typ/Gruppe	bis zu 50 mm	50 – 100 mm	mehr als 100 mm in % der Riemenbreite
K 1	+/-0,3 mm	+/-0,5 mm	+/-0,5%
K 1,5	+/-0,3 mm	+/-0,5 mm	+/-0,5%
T 2	+/-0,3 mm	+/-0,5 mm	+/-0,5%
M (MXL)	+/-0,3 mm	+/-0,5 mm	+/-0,5%
T 2,5	+/-0,3 mm	+/-0,5 mm	+/-0,5%
T 5	+/-0,3 mm	+/-0,5 mm	+/-0,5%
T 5-DL	+/-0,3 mm	+/-0,5 mm	+/-0,5%
T 10	+/-0,5 mm	+/-0,5 mm	+/-0,5%
T 10-DL	+/-0,5 mm	+/-0,5 mm	+/-0,5%
T 20	+/-1,0 mm	+/-1,0 mm	+/-1,0%
T 20-DL	+/-1,0 mm	+/-1,0 mm	+/-1,0%
AT 3	+/-0,3 mm	+/-0,5 mm	+/-0,5%
AT 5	+/-0,5 mm	+/-0,5 mm	+/-0,5%
AT 10	+/-1,0 mm	+/-1,0 mm	+/-1,0%
ATP 10/ATP 15	+/-1,0 mm	+/-1,0 mm	+/-1,0%
AT 20	+/-1,0 mm	+/-1,0 mm	+/-1,0%

**Bemerkung:** Bei Sonderzugträgern bitte Toleranzen anfragen.

# Antriebstechnik

## Hochflexible Zugeinlage – der E-Stahlkord-Zugträger

Je dünner der Einzeldraht, desto biegewilliger ist der Gesamt-Zugträger! Dieser Zusammenhang hat uns veranlasst, BRECO®, BRECOFLEX®- und CONTI-SYNCHROFLEX®-Zahnriemen mit E-Stahl-Zugträgern anzubieten.

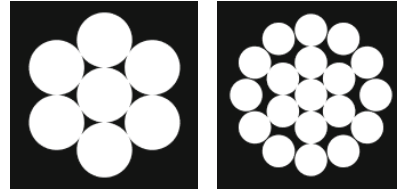
Im E-Stahl-Zugträger verteilt sich der Zugträgerquerschnitt auf wesentlich mehr dünnere Einzeldrähte, daher bleiben die Biegespannungen in den Einzeldrähten deutlich kleiner.

Der Vorteil der E-Stahl-Zugträger besteht somit in einer höheren Biegewechselfestigkeit. Dies ist insbesondere dann anzustreben, wenn kleinere Bauabmessungen für Zahnscheiben und Spannrollen gefordert sind. Deren Mindestzähnezahlen bzw. Mindestdurchmesser können im Vergleich zum Standardzugträger bis zu 30% unterschritten werden.

Zahnriemen mit E-Stahl-Zugträger sind bevorzugt für Mehrwellenantriebe mit häufigen Biegewechseln einzusetzen.

Hinweis für die Anwendung: Bei vorgesehenem Einsatz unter Grenzbedingungen können Sie unsere technische Beratung anfordern.

Aufbau Stahl-Zugträger (Bsp.):



Je dünner der Einzeldraht, desto biegewilliger ist der Gesamt-Zahnriemen.

## Werkstoffauswahl (gültig nur für BRECO®-/BRECOFLEX®-ZR)

Materialbezeichnung	Mögliche Zugträger	Zahnriementypen	Farbe	Härte	Temperaturbereich
<b>Werkstoffe für den Einsatz im Standardbereich</b>					
TPUST1	Stahl-Zugträger VA-Zugträger	alle Typen, außer BRECOFLEX® bis 720 mm	weiß	92 Shore A	0 °C bis +80 °C
TPUST2	Stahl-Zugträger VA-Zugträger	alle Typen, außer BRECOFLEX® bis 720 mm	transparent	85 Shore A	+5 °C bis +50 °C
TPUST3	Stahl-Zugträger VA-Zugträger	BRECOFLEX® bis 720 mm	transparent	92 Shore A	0 °C bis +80 °C
<b>Werkstoffe für den Einsatz im Lebensmittelbereich</b>					
TPUFD1	VA-Zugträger	alle Typen	transparent	92 Shore A	0 °C bis +80 °C
<b>Werkstoffe für den Einsatz in schwach aggressiven Umgebungsmedien</b>					
TPUAU1	VA-Zugträger	alle Typen, außer BRECOFLEX® bis 720 mm	transparent	92 Shore A	0 °C bis +50 °C
<b>Werkstoffe für den Einsatz im Hochtemperaturbereich</b>					
TPUWB1	Stahl-Zugträger VA-Zugträger	alle Typen, außer BRECOFLEX® bis 720 mm	weißlich	94 Shore A	+20 °C bis +110 °C
<b>Werkstoffe für den Einsatz im Tieftemperaturbereich</b>					
TPUKF1	Stahl-Zugträger VA-Zugträger	alle Typen, außer BRECOFLEX® bis 720 mm	transparent	85 Shore A	-25 °C bis +5 °C
<b>Werkstoffe mit elektrisch ableitenden Eigenschaften</b>					
TPUAS1	Stahl-Zugträger VA-Zugträger	alle Typen, außer BRECOFLEX® bis 720 mm	grau- transparent	92 Shore A	0 °C bis +80 °C



# Antriebstechnik

## Synchronscheibenwerkstoffe

### Aluminium (AL)

- geeignet für mäßige Kraftübertragung
- geringes Gewicht/reduzierte Rotationsträgheit
- mittlere Chemikalien- und Korrosionsbeständigkeit
- RoHS-konformes Standardmaterial (auch für Lagerscheiben)

### Edelstahl (VA)

- geeignet für hohe Kraftübertragung
- langlebig/abriebfest
- erfüllt FDA Vorschriften
- ausgezeichnete Chemikalien- und Korrosionsbeständigkeit

### Stahl (ST)

- geeignet für hohe Kraftübertragung
- langlebig/abriebfest
- begrenzte Chemikalien- und Korrosionsbeständigkeit
- Standardmaterial 11 SMn30, Werkstoff-Nr. 1.0715 EN 10277; Ck45/C45E, Werkstoff-Nr. 1.1191 EN 10083

### Delrin® (POM)

- begrenzte Kraftübertragung
- ausgezeichnete Chemikalien- und Korrosionsbeständigkeit
- nichtmetallisch
- Edelstahlflansche empfohlen



## Aluminium – Oberflächenbehandlungen

### Eloxiert

- erhöhte Chemikalien- und Korrosionsbeständigkeit
- lieferbar in klar, schwarz oder gefärbt
- begrenzte Erhöhung der Oberflächenhärte

### Harteloxiert

- ausgezeichnete Chemikalien- und Korrosionsbeständigkeit
- erhöhte Oberflächenhärte
- beständig gegen Abrieb

## Stahl – Oberflächenbehandlungen

### Blackoxide

- erhöhte Chemikalien- und Korrosionsbeständigkeit

### Verchromt

- erhöhte Chemikalien- und Korrosionsbeständigkeit

### Verzinkt

- erhöhte Korrosionsbeständigkeit

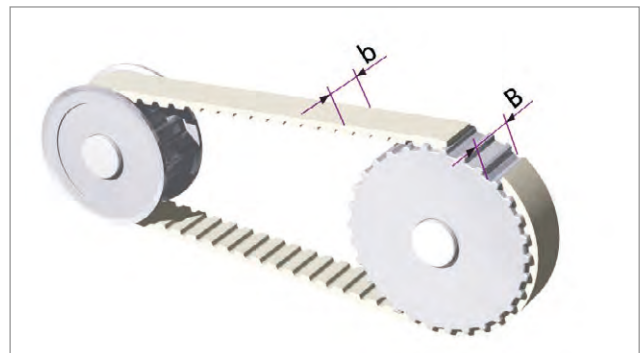
### Vernickelt

- erhöhte Chemikalien- und Korrosionsbeständigkeit
- Auswuchten nach DIN ISO 1940

## Bordscheiben

Als Standardwerkstoff wird verzinkter Stahl verwendet. Sonderausführungen sind vom Anwender festzulegen. Die Befestigung erfolgt, abgestimmt auf das zum Einsatz kommende Zahnprofil und Zähnezahl, durch Bördeln oder Schrauben.

Der Riemenbreite  $b$  wird jeweils eine Synchronscheibenbreite  $B$  zugeordnet, die ausreichendes seitliches Spiel garantiert. Die „lichte Breite“ wird nicht gesondert bemaßt.



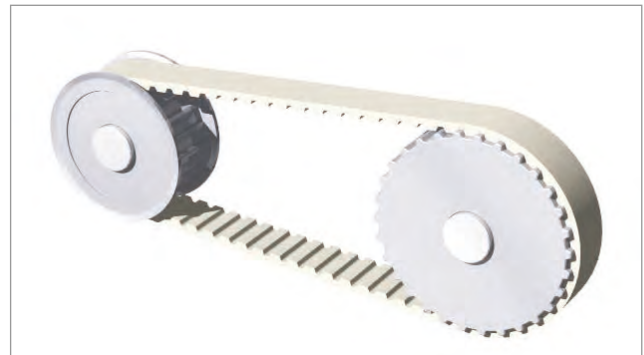
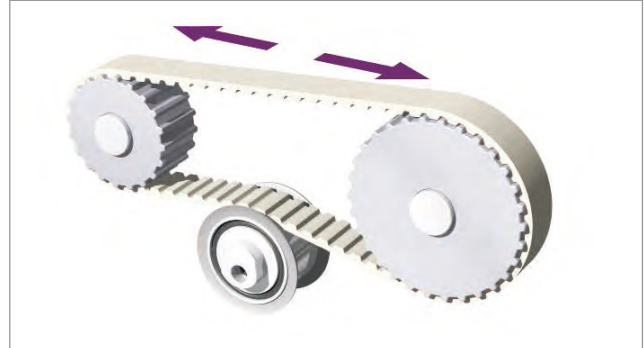
# Antriebstechnik

## Zahnriemenführung durch Bordscheiben

Zahnriemen sind gegen seitliches Ablaufen zu führen, was in der Regel durch Bordscheiben erfolgt.  
Durch das optimale Anordnen der Riemenführung lassen sich minimale Seitenkräfte und geringe Reibungsverluste erzielen.

Dafür gibt es folgende Möglichkeiten:

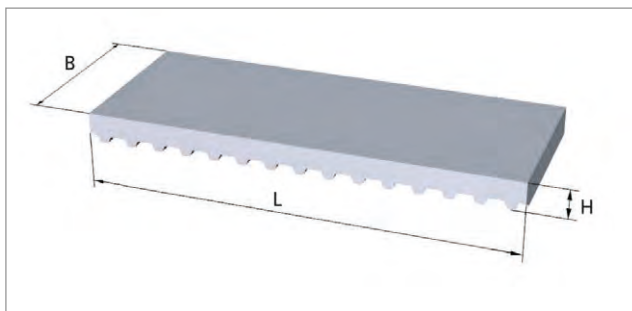
- Führung des Zahnriemens nach einer großen freien Trumlänge (Einlauflänge (a) sollte 5 x Riemenbreite nicht unterschreiten)
- Führung an der Abtriebsscheibe (vorzugsweise bei Zwei-Wellen-Antrieben mit kurzem Achsabstand)
- Führung an Scheiben mit geringer Kraftübertragung (vorzugsweise bei Mehr-Wellen-Antrieben)
- Führung an Spannrollen
  - Anordnung der Spannrolle im Leertrum
  - Bei Anordnung auf der glatten Riemenseite: Minstdurchmesser bei Gegenbiegung beachten
  - Bei Anordnung auf der verzahnten Riemenseite Umschlingungsbogenlänge mindestens 3 Zähne
  - Bei wechselnder Drehrichtung, vorzugsweise in der Mitte der Trumlänge
  - Bedingung: Mindesttrumlänge (a) zwischen Spannrolle und Zahnscheibe sollte 5 x Riemenbreite nicht unterschreiten
- Um optimale Führungseigenschaften erreichen zu können, ist auf hohe Achsparallelität und gute Fluchtung aller Scheiben zu achten
- Aus Kostengründen können Bordscheiben unter Beachtung der Funktionssicherheit auch an der kleineren Zahnscheibe angebracht werden



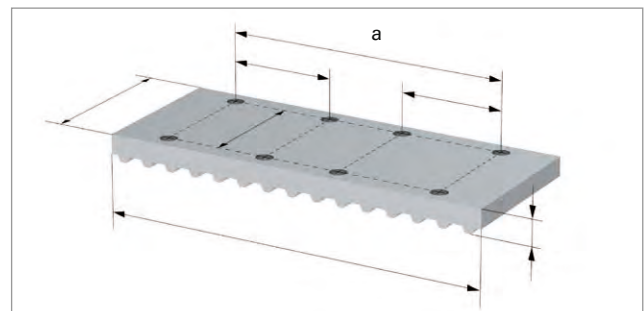
## Klemmverbinder

### Klemmverbinder AT-, T-Profil

Klemmverbinder finden häufig in der Lineartechnik Verwendung, wenn die Befestigung eines oder beider Riemenenden am Gehäuse vorgesehen ist. Eine Einstellung der Vorspannung ist mit Klemmverbindern nicht möglich.



Ausführung (ohne Bohrung)



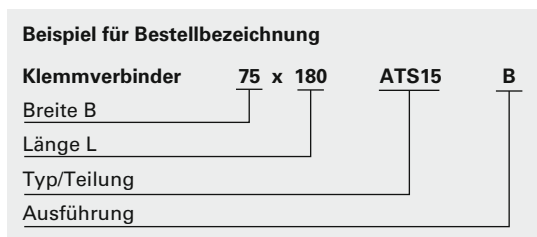
Ausführung B (mit Bohrung)

# Antriebstechnik

## Klemmverbinder

Riemenbreite (mm)	B x L	Typ/Teilung	Bohrungsdurchmesser d (mm)	m (mm)	a (mm)	c (mm)	H (mm)
<b>AT-Profil</b>							
10	30x75	AT3	5,5	20	50	12,5	8
20	50x75	AT3	5,5	30	50	12,5	8
25	60x75	AT3	5,5	38	50	12,5	8
25	50x120	AT5	5,5	38	80	20	10
32	60x120	AT5	5,5	46	80	20	10
50	75x120	AT5	5,5	62	80	20	10
75	110x120	AT5	5,5	94	80	20	10
25	50x160	AT10, BAT10	6,5	38	110	30	10
32	60x160	AT10, BAT10, BATK10	6,5	46	110	30	10
50	75x160	AT10, BAT10, BATK10	6,5	62	110	30	10
75	110x160	AT10, BAT10, BATK10	6,5	94	110	30	10
25	50x180	AT15 protect, ATS15	9	38	140	20	20
32	60x180	AT15 protect, ATS15	9	46	140	50	20
50	75x180	AT15 protect, ATS15, BAT15, BATK15	9	62	140	50	20
75	110x180	AT15 protect, ATS15, BAT15, BATK15	9	94	140	50	20
25	50x200	AT20	9	38	160	60	20
32	60x200	AT20	9	46	160	60	20
50	75x200	AT20	9	62	160	60	20
75	110x200	AT20	9	94	160	60	20
<b>T-Profil</b>							
10	30x50	T2,5*	5,5	20	30	15	6
20	40x60	T2,5*	5,5	30	30	15	6
25	50x120	T5	5,5	38	80	20	10
32	60x120	T5	5,5	46	80	20	10
50	75x120	T5	5,5	62	80	20	10
75	110x120	T5	5,5	94	80	20	10
25	50x160	T10	6,5	38	110	30	10
32	60x160	T10	6,5	46	110	30	10
50	75x160	T10	6,5	62	110	30	10
75	110x160	T10	6,5	94	110	30	10
25	50x200	T20	6,5	38	160	60	20
32	60x200	T20	6,5	46	160	60	20
50	75x200	T20	6,5	62	160	60	20
75	110x200	T20	6,5	94	160	60	20

\* Bei den Klemmverbindern vom Typ T2,5 sind nur 6 statt 8 Bohrungen vorgesehen.

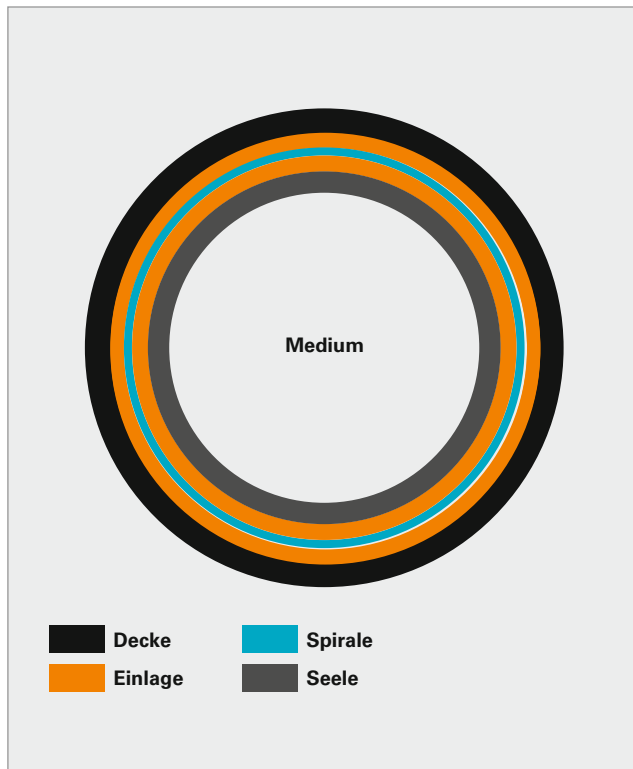


# Schlauchtechnik

## Die ideale Förderverbindung

Das am weitesten verbreitete und am häufigsten eingesetzte Fördermittel für feste, flüssige und gasförmige Medien ist der Schlauch. Oft dienen Schläuche auch als Ersatz für komplette Rohrleitungen, da sie wesentlich flexibler sind und schwingungsabsorbierend und geräuschkämpfend eingesetzt werden können. Nur der kompetente Fachbetrieb ist in der Lage, für jeden Anwendungszweck den richtigen Schlauch zu liefern.

### Der Schlauch-Aufbau



### Seele

Die Seele ist das innere Bauteil des Schlauches. Alle Fördermittel kommen ausschließlich mit der Schlauchseele in Kontakt. Für eine sichere und lange Haltbarkeit des Schlauches ist die Seelenqualität entscheidend, denn das zu fördernde Medium bestimmt letztlich die Auswahl der Seele. Beurteilt werden Abrieb, chemische Einflüsse, Temperatur und elektrische Spannung.

### Einlage

Die Einlage verleiht dem Schlauch die nötige Querschnittsstabilität und die Fähigkeit, statischen und dynamischen Drücken zu widerstehen. Dieser Festigkeitsträger kann aus diversen Textilien, Nylon oder auch Stahldraht bestehen bzw. aus einer Kombination der genannten Materialien. Die Auswahl des Einlagematerials wird in Abhängigkeit von der Druckstufe getroffen. Druck- und unterdrucklos eingesetzte Schläuche haben in der Regel keine Einlage.

### Spirale

Soll der Schlauch auch Saugbelastungen standhalten bzw. eine besonders hohe Flexibilität aufweisen, wird zusätzlich eine Stahldraht- oder Kunststoffspirale in das Einlagenpaket eingebettet. Um die Montage zu vereinfachen, werden Spiralschläuche häufig mit spiralfreien Enden oder Muffen gefertigt.

### Decke

Die Decke ist der äußere und damit sichtbare Teil des Schlauches. Sie bietet Schutz vor äußeren Einflüssen wie Witterung, Temperatur und mechanischen Verletzungen, die während des Gebrauches auftreten könnten. Die Oberfläche des Schlauches kann je nach Fertigungsmethode glatt sein oder eine Stoffimpression aufweisen. Auch bei der Decke ist es erforderlich, die Qualität des verwendeten Materials entsprechend den jeweiligen Einsatzbedingungen auszuwählen.

### Druckangaben:

Die in diesem Katalog angegebenen Druckangaben beziehen sich, soweit nicht anders angegeben, auf Umgebungs- und Medientemperaturen von +20 °C. Die angegebenen Druckwerte haben Gültigkeit für statische (konstante) Drücke. Bei dynamischer (stoßweiser) Belastung sind die Werte entsprechend niedriger anzusetzen.

**Betriebsdruck:** Ist der maximale für die Schlauchleitung zugelassene Druck, bei dem diese betrieben werden kann. Die bei Festlegung des Betriebsdruckes enthaltene Sicherheitsreserve (Sicherheitsfaktor) hängt von der Bestimmung und dem Gefahrenmoment beim Einsatz des Schlauches ab.

**Prüfdruck:** Bei diesem Druck müssen Schlauch und Einbindung einwandfrei dicht sein. Es dürfen keine unzulässigen Verformungen oder Schädigungen des Schlauches auftreten.

**Mindest-Berstdruck/Platzdruck:** Ist der Druck, bis zu dem die Schlauchleitung nicht undicht werden darf, wobei dieser in Abhängigkeit der zeitlichen Drucksteigerung wesentlich beeinflusst werden kann.

**Max. zulässiger Unterdruck (Vakuum):** Ist der Unterdruck, dem die Schlauchleitung ohne auszufallen standhalten muss. Hier muss darauf geachtet werden, ob es sich um eine absolute oder eine atmosphärische Druckangabe handelt.

**Längenänderungen unter Druck:** In Abhängigkeit von der Schlauchkonstruktion verlängern oder verkürzen sich Schläuche unter Druck um ein bestimmtes Maß. Dieser Wert kann in der Größenordnung von einigen Prozenten der effektiven Länge liegen und muss besonders bei Schläuchen mit geringen oder extrem großen effektiven Schlauchlängen berücksichtigt werden.

# Schlauchtechnik

## Lagerung

Sachgemäß gelagerte und behandelte Gummi-Erzeugnisse bleiben über einen langen Zeitraum fast unverändert in ihren Eigenschaften. Eine unsachgemäße Lagerung kann die Lebensdauer von Schlauchprodukten erheblich reduzieren. Ein ordnungsgemäßes Lagern der Schläuche hängt überwiegend von deren Größe (Durchmesser und Länge), der zu lagernden Menge und der verwendeten Verpackung ab. Schläuche dürfen nicht derart gestapelt oder übereinandergelegt werden, dass das Gewicht des Stapels eine Verformung der untenliegenden Schläuche bewirkt. Da Gummischläuche in Dimension, Gewicht und Länge stark variieren, können diesbezüglich keine allgemein gültigen Empfehlungen gegeben werden. Ein dünnwandiger Schlauch hält weniger Belastung aus als ein dickwandiger oder ein

Schlauch mit Stahldrahtspirale. Schläuche, die als Rollen verschickt werden, müssen horizontal gelagert werden.

Sofern möglich, lagern Sie die Schlauchprodukte in ihrer Originalverpackung, besonders wenn es sich bei diesen Verpackungen um Holzkisten oder Pappkartons handelt. Diese Verpackungen schützen auch vor Sonnenlicht.

Die Lagerung von Gummischlauchprodukten kann beeinflusst werden durch: Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Ozon, Sonnenlicht, Öl, Lösungsmittel, korrosive Flüssigkeiten und Dämpfe, Insekten, Nagetiere und radioaktives Material.

Im Folgenden werden allgemeine Anweisungen zur richtigen Lagerung von Schläuchen gemäß Norm **DIN 7716:1982** „Erzeugnisse aus Kautschuk und Gummi: Anforderungen an die Lagerung, Reinigung und Wartung“ Absatz 3 beschrieben. Eine unsachgemäße Lagerung kann die Lebensdauer von Schlauchprodukten erheblich reduzieren.

**Lageraum:** Der Lagerraum soll kühl, trocken, staubarm und mäßig gelüftet sein. Eine witterungsungeschützte Lagerung im Freien ist nicht zulässig.

**Temperatur:** Gummi-Erzeugnisse sollten nicht unter  $-10\text{ °C}$  und über  $+15\text{ °C}$  gelagert werden, wobei die obere Grenze bis auf  $+25\text{ °C}$  überschritten werden darf. Noch darüber liegende Temperaturen sind nur kurzfristig zulässig.

**Heizung:** In geheizten Lagerräumen sind die Gummi- und Kautschukerzeugnisse gegen die Wärmequelle abzuschirmen. Der Abstand zwischen der Wärmequelle und dem Lagergut muss mindestens einen Meter betragen.

**Feuchtigkeit:** Das Lagern in feuchten Lagerräumen soll vermieden werden. Es ist darauf zu achten, dass keine Kondensation entsteht. Am günstigsten ist eine relative Luftfeuchte unter 65%.

**Beleuchtung:** Die Erzeugnisse sollen vor Licht geschützt werden, insbesondere vor direkter Sonnenbestrahlung und vor starkem künstlichen Licht mit einem hohen ultravioletten Anteil. Die Fenster der Lagerräume sind aus diesem Grunde mit einem roten oder orangefarbenen (keinesfalls blauen) Schutzanstrich zu versehen. Vorzuziehen ist eine Beleuchtung mit normalen Glühlampen.

**Ozon:** Da Ozon besonders schädlich ist, dürfen die Lagerräume keinerlei Ozon erzeugende Einrichtungen enthalten, wie z. B. Elektromotoren oder sonstige Geräte, welche Funken oder andere elektrische Entladungen erzeugen können. Verbrennungsgase und Dämpfe, die durch photochemische Vorgänge zu Ozonbildung führen können, sollten beseitigt werden.

Letztendlich sollten Gummiartikel nach dem "first-in, first-out" Prinzip ausgelagert werden, denn auch unter den besten Bedingungen kann eine ungewöhnlich lange Lagerdauer zu einer Verschlechterung der physikalischen Eigenschaften gewisser Gummiprodukte führen.

# Schlauchtechnik

## Ordnungsgemäßer Umgang mit Schläuchen

Unsachgemäße Behandlung von Schläuchen, wie Quetschen, Reißen, Ziehen oder Belastung mit nicht zulässigen Medien muss vermieden werden. Vermeiden Sie das Zerren eines Schlauches über scharfe oder abreibende Oberflächen, es sei denn, er wurde speziell für diesen Einsatz konstruiert.

Schläuche dürfen nur bis zu ihrem vorgeschriebenen Maximalbetriebsdruck eingesetzt werden. Jede Änderung des Betriebsdruckes sollte stufenweise erfolgen, so dass die Schläuche keinen Druckstößen ausgesetzt werden. Ein über längeren Zeitraum anhaltender Überdruck im Grenzbereich reduziert die Lebensdauer. Schläuche dürfen weder geknickt noch überfahren werden, außer es ist in den Datenblättern anders angegeben. Empfohlene Biegeradien dürfen nicht gewaltsam überzogen werden.

Verwenden Sie z. B. Bögen oder andere Vorrichtungen, die scharfe Biegungen verhindern.

Der Schlauch soll an den Kupplungen nicht ständig abgebogen und keinen übermäßigen Zugbeanspruchungen ausgesetzt werden. Der Kontakt von ungeschützten Schlauchenden mit dem Durchflussmedium ist zu vermeiden.

Durch Entleeren und sorgfältige Reinigung wird die Lebensdauer einer Schlauchleitung deutlich verlängert.

Beim Umgang mit großen Schläuchen sind möglichst Haspeln oder Trommeln zu verwenden. Für schwere Saug- und Druckschläuche wie z. B. beim Be- und Entladen von Öl sollten entsprechende Schlingen, Tragriemen und dgl. zur Unterstützung eingesetzt werden.

## Allgemeine Prüfungen

Schlauchleitungen, an die hohe Anforderungen in Bezug auf Betriebssicherheit gestellt werden, wie z. B. Dampf-, Betankungs- und Säureschläuche etc., sollten zur Vermeidung von Unfällen regelmäßig auf ihre Gebrauchstüchtigkeit überprüft werden. Der Anwender muss sich den Anzeichen eines drohenden Ausfalls bewusst sein, besonders wenn die Einsatzbedingungen einen hohen Arbeitsdruck beinhalten und/oder Gefahrstoffe transportiert werden. Eine Inspektion und ein hydrostatischer Test sind in regelmäßigen Zeitabständen durchzuführen, um zu überprüfen, ob der Schlauch für den weiteren Einsatz noch geeignet ist. Eine Sichtprüfung des Schlauches auf äußere mechanische Beschädigungen wie Schnitte, Risse, gelöste Decken, Knickstellen, Dellen oder weiche Stellen muss vorgenommen werden, um Hinweise auf gebrochene oder verschobene Einlagen zu erhalten.

Die eventuelle Einbindung muss sich in einwandfreiem Zustand befinden, und es darf keine undichte Stelle erkennbar sein. Die Schlaucharmaturen müssen unbeschädigt sein, z. B. dürfen die Dichtflächen keine Kerben aufweisen, die Gewinde müssen leichtgängig und die Kupplungsteile dürfen nicht deformiert sein.

Die Schlauchleitung sollte in regelmäßigen Abständen ebenfalls einer wiederkehrenden Prüfung unterzogen werden. Z. B. wird in der DIN EN 12115 (Gummi- und Kunststoffschläuche und Schlauchleitungen für flüssige und gasförmige Chemikalien) eine wiederkehrende Prüfung an Schlauchleitungen aus Sicherheitsgründen vorgeschrieben. Ebenso verweist die Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie im Merkblatt T 002 BG RCI Ausgabe 9/2014 auf diese Prüfungsvorschrift.

Grundsätzlich gilt: Beschädigte Schlauchleitungen sind aus sicherheitstechnischen Gründen der weiteren Benutzung zu entziehen!

# Schlauchtechnik

## Fachbegriffe

### Abrieb/Abrasion

Materialverlust an der Oberfläche durch mechanische Beanspruchung infolge von Reibung.

### Angularbewegung

Winkeländerung infolge von gleichförmiger Krümmung der Achse.

### Armaturen (Schlauch-)

Anschluss- oder Verbindungselemente für Schläuche.

### Axialbewegung

Längenänderung durch Streckung oder Stauchung in Achsrichtung.

### Biegeradius

Von jedem Schlauch wird ein gewisses Maß an Biegefähigkeit erwartet. Diese Fähigkeit ist abhängig vom Schlauchaufbau, seiner Steifigkeit, die im direkten Zusammenhang mit Art und Dimension der Seele, der Einlage und der Decke steht.

Das Biegeverhalten wird durch den kleinstmöglichen Biegeradius vorgegeben. Der Radius wird im drucklosen Zustand gemessen. Bei sehr dünnwandigen Schläuchen wird wegen der Knickanfälligkeit allerdings kein Wert angegeben oder er wird bei einem bestimmten Innendruck genannt.

Für spirallose Schläuche wird der Biegeradius bei einer max. Abflachung d. h. Querschnittsreduzierung von 10% angegeben.

### Dornfertigung

Produktionsverfahren, bei dem Schläuche auf Rohren oder Vollmaterial aus Stahl oder Kunststoff hergestellt werden. Da Metalldorne starr sind, ist man in der Länge des zu fertigenden Schlauches begrenzt. Kunststoffdorne sind in der Regel flexibel. Hier sind auch größere Längen möglich.

### Extrusion

Kontinuierliche Formgebung eines Materials durch ein entsprechend gestaltetes Mundstück.

### Folienwickelschläuche

Thermoplastische, mehrlagige (nicht vulkanisierte) Schläuche zur Förderung von Kohlenwasserstoffen, Lösemitteln und Chemikalien (z. B. DIN EN 13765).

### Härte (Shore)

Der mechanische Widerstand, den ein Werkstoff der mechanischen Eindringung eines härteren Prüfkörpers entgegensetzt. Elastomere werden üblicherweise in Shore A angegeben.

### Hydrolysebeständigkeit

Hydrolyse = irreversible Aufspaltung der Polyesterketten bei Ester-Polyurethanen. Sie wird hervorgerufen durch längere Lagerung in warmem Wasser, Satteldampf, tropischem Klima (Feuchtigkeit in Verbindung mit Wärme), aggressiven Chemikalien oder auch aggressiven Holzstäuben. Die Folge der Hydrolyse ist eine Abnahme der mechanischen Festigkeitseigenschaften. Ether-Polyurethane sind beständig gegen Hydrolyse.

### Länge

Schlauchleitungen werden in der Regel von Dichtfläche zu Dichtfläche gemessen. Unter Schlauchlänge versteht man nur den flexiblen Teil zwischen den Armaturen.

### Lateralbewegung

Paralleler Achsversatz bei ungleichförmiger Krümmung der Achse.

### Leerschlauchbetrieb

Die Schlauchleitung wird nach dem Einsatz entleert und ggf. gereinigt.

### M-Schläuche

Schlauch aus elektrisch nicht leitfähigen Werkstoffen, bei denen die leitfähige Verbindung zwischen den Stützen der Schlaucharmaturen nur durch eingebaute metallische Leiter hergestellt wird. Nach DIN EN 12115 müssen diese Schläuche mit dem Buchstaben „M“ gekennzeichnet sein.

### Metallschlauchleitungen

Parallel-/ringgewellte Schläuche aus nichtrostendem Stahl, ggf. mit einer äußeren Armierung und Außenschicht, vorzugsweise zum Fördern von chemischen Stoffen in gasförmigem, dampfförmigem oder flüssigem Zustand.

### Mikrobenbeständigkeit

Ester-Polyurethane können bei langzeitigem Kontakt mit erdartigen Substanzen oder starker Verschmutzung unter für Mikroben günstigen Bedingungen zerstört werden, da die von den Organismen freigesetzten Enzyme die chemischen Bindungen schädigen. Unter sehr ungünstigen Bedingungen tritt nach 8 – 24 Wochen eine erste Schädigung ein. Durch Zugabe toxischer Fungizide kann dieser Zeitpunkt zwar heraus gezögert werden, später jedoch kann durch Auswaschung und Auslaugung des Additives der zum Schutz erforderliche Grenzwert unterschritten werden. Höchst bedenklich ist, dass die oftmals giftigen Fungizide unweigerlich auf die Oberfläche migrieren und dort mit Anwender oder Fördergut in Kontakt geraten.

Schläuche aus Ether-Polyurethan werden dauerhaft nicht von Mikroben angegriffen und sind hier die eindeutige bessere Lösung.

### Nichtmetallische Wellschläuche

Parallel-/ringgewellte Schläuche aus Fluorkunststoff, ggf. mit einer äußeren Armierung und Außenschicht, vorzugsweise zum Fördern von chemischen Stoffen in gasförmigem, dampfförmigem oder flüssigem Zustand.

# Schlauchtechnik

## Fachbegriffe

### $\Omega$ -Schläuche (Ohm-leitfähige Schläuche)

Schläuche aus nichtmetallischen Werkstoffen, bei denen der hinreichend niedrige Widerstand zwischen den Schlaucharmaturen durch eine ausreichende Leitfähigkeit der nichtmetallischen Werkstoffe bedingt ist. Sie müssen mit dem Zeichen „ $\Omega$ “ gekennzeichnet sein. Die Angabe des Widerstands in Ohm allein bedeutet nicht, dass es sich um einen  $\Omega$ -Schlauch handelt (siehe DIN EN 12115).

### $\Omega$ /T-Schläuche

Schläuche, wie unter  $\Omega$ -Schläuche beschrieben, bei denen die leitfähige Verbindung zwischen den Stutzen der Schlaucharmaturen aus leitfähigem Schlauchmaterial besteht. Der elektrische Widerstand durch die Schlauchwand darf nicht größer als  $10^9 \Omega$  sein (siehe z. B. DIN EN 12115:2011). Diese Schläuche sind uneingeschränkt unter Ex-Bedingungen verwendbar und daher dafür vorzugsweise zu verwenden.

### Permeation

Den Durchgang eines Gases durch einen Probekörper nennt man Permeation. Sie vollzieht sich in drei Schritten:

1. Lösung des Gases im Probekörper
2. Diffusion des gelösten Gases durch den Probekörper
3. Verdampfung des Gases aus dem Probekörper

Der Permeationskoeffizient  $Q$  in  $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{Pa})$  ist eine Stoffkonstante, die angibt, welches Gasvolumen bei einer gegebenen Partialdruckdifferenz in einer bestimmten Zeit durch einen Probekörper bekannter Fläche und Dicke hindurchtritt. Er ist abhängig von der Temperatur und wird nach DIN 53536 ermittelt.

### Pricken

Perforation der Schlauchdecke, damit durch die Schlauchinnenseite diffundierende Gase gezielt und kontinuierlich abgeführt werden, um ein plötzliches expansives Austreten des Gases zu vermeiden.

### Prüfbescheinigungen des Herstellers

DIN EN 10 0204 unterscheidet:

- Bescheinigungen auf der Grundlage „nichtspezifischer“ Prüfungen, z. B. Qualitätsprüfungen in der Serienprüfung (Werksbescheinigung 2.1 und Werkzeugeignis 2.2).
- Bescheinigungen auf der Grundlage „spezifischer“ Prüfungen, d. h. Prüfungen am betreffenden Bauteil selbst (Werksprüfzeugnis 2.3 und die Abnahmeprüfzeugnisse 3.1, 3.2).

### Scheiteldruckfestigkeit

Widerstand gegen Zusammendrücken von Saug- und Druckschläuchen durch äußere, im Scheitel aufgebrachte Last.

### Schlauchleitungen

Schläuche, die beidseitig in Schlaucharmaturen eingebunden oder eingeschweißt sind; eingebundene Schlaucharmaturen dürfen sich nur mit einem Werkzeug lösen lassen.

### Verwendungsdauer

Einsatz- und Lagerzeit einer Schlauchleitung ab Herstellungsdatum der Schlauchleitung.

### Vollschlauchbetrieb

Die Schlauchleitung bleibt nach dem Umfüllvorgang gefüllt.

### Vulkanisation

Chemisch-technisches Verfahren, bei dem Kautschuk unter Einfluss von Zeit, Temperatur und Druck gegen atmosphärische und chemische Einflüsse sowie gegen mechanische Beanspruchung widerstandsfähig gemacht wird.

### Weiterreißwiderstand

Unter Weiterreißwiderstand versteht man den Widerstand, den ein eingekerbter Prüfkörper dem Weiterreißen entgegensetzt. Die Prüfung erfolgt nach DIN 53515 an Winkelproben, die einseitig mit einem Einschnitt versehen sind.



# Schlauchtechnik

## Allgemeines über Schlaucharmaturen

Zum Verbinden von Rohren, Maschinen und Geräten mittels Schlauchleitungen sind Schlaucharmaturen erforderlich. Im Gegensatz zu den in der Rohrmontage üblichen Armaturen sind die Schlaucharmaturen mit einem Einbindestutzen ausgestattet. Schlaucharmaturen werden aus verschiedenen Werkstoffen wie z. B. Metall und verschiedenen Kunststoffen hergestellt.

### Allgemeine Anforderungen

Ein wesentliches Kriterium für den sicheren Betrieb einer Schlauchleitung ist die fachgerechte Einbindung der Armaturen in die Endstücke des Schlauches.

Die Einbindung sollte daher nur von einer Schlauchfachwerkstatt vorgenommen werden. Die Montagehinweise der Hersteller sind zu beachten.

Schlaucharmaturen müssen so ausgewählt werden, dass:

- sie den zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen standhalten
- sie eine kraft- oder formschlüssige Verbindung zum Schlauch herstellen, so dass in explosionsgefährdeten Bereichen die Gefahr des Funkenreißen beim Befestigen oder Lösen von Schlauchleitungen ausgeschlossen ist. Diese Gefahr kann durch Auswahl geeigneter Werkstoffe, z. B. Messing oder nichtrostender Stahl, für die Armaturenteile vermieden werden.
- durch das schlauchseitige Armaturenteil keine gefährlichen Kerb- oder Scherbeanspruchungen am Schlauch auftreten können, auch nicht am Ende der Schlaucharmatur

### Dichtungsarten bei Schlauchverschraubungen

- flachdichtend: ebene Dichtfläche, z. B. Dichtring aus Gummi oder anderen Werkstoffen
- konisch dichtend: konisch feingeschliffene Metallflächen treffen aufeinander
- konisch dichtende Gewinde: die Abdichtung erfolgt im Gewinde durch z. B. PTFE-Band, Hanf oder Kleber

### Gängige Gewindearten

#### Metrisches Gewinde nach DIN 13

Beschreibung: weltweit standardisiertes metrisches Gewinde für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen  
 Gewindeart: Innengewinde zylindrisch, Außengewinde zylindrisch  
 Kurzzeichen: M

#### Metrisches kegeliges Außengewinde nach DIN 158

Beschreibung: metrisches Gewinde für mit Dichtmittel im Gewinde dichtende Verbindungen  
 Gewindeart: Innengewinde zylindrisch (nach DIN 13), Außengewinde kegelig (Kegel 1:16)  
 Kurzzeichen: M keg

#### Withworth-Rohrgewinde nach DIN/ISO 228

Beschreibung: Rohrgewinde für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen  
 Gewindeart: Innengewinde zylindrisch, Außengewinde zylindrisch  
 Kurzzeichen: G

#### Withworth-Rohrgewinde nach DIN EN 10226 (ehem. DIN 2999)

Beschreibung: Rohrgewinde für Gewinderohre und Rohrverschraubungen, mit Dichtmittel im Gewinde dichtend  
 Gewindeart: Innengewinde zylindrisch, Außengewinde kegelig (Kegel 1:16)  
 Kurzzeichen: Innengewinde Rp/Außengewinde R

#### Amerikanisches kegeliges Rohrgewinde nach ANSI/ASME B 1.20.1 – 1983

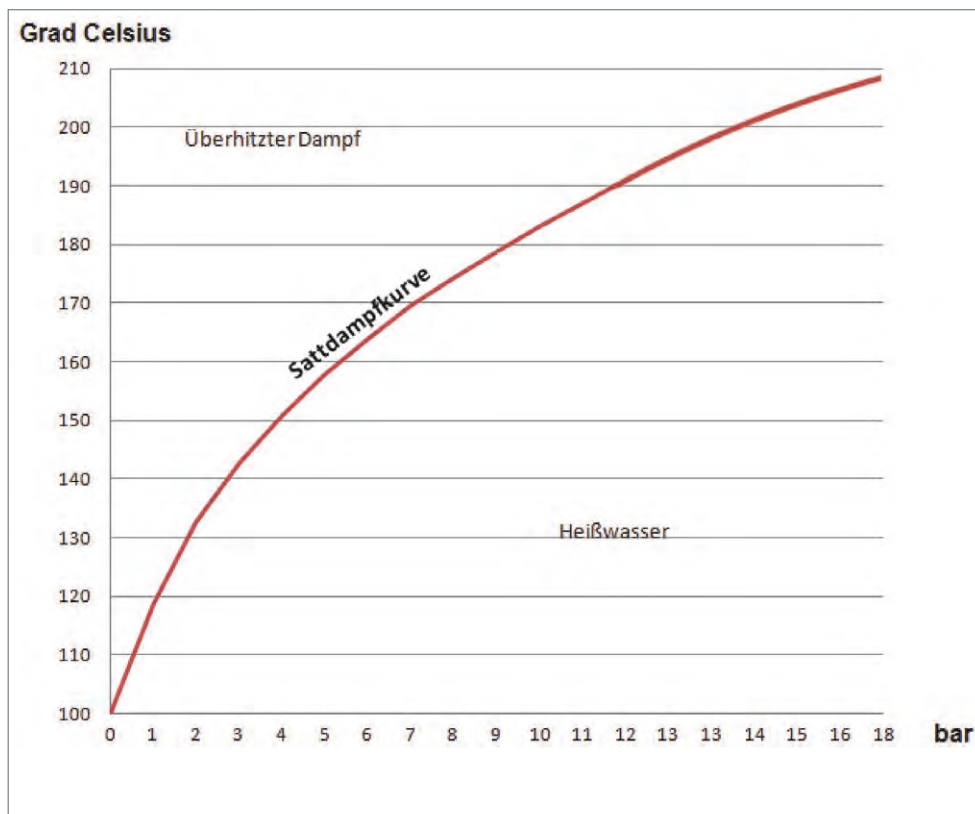
Beschreibung: Rohrgewinde für Gewinderohre und Fittings, mit Dichtmittel im Gewinde dichtend  
 Gewindeart: Innengewinde kegelig, Außengewinde kegelig (Kegel 1:16)  
 Kurzzeichen: NPT

# Schlauchtechnik

## Zusätzliche Hinweise für den Umgang mit Schlauchleitungen für Dampf und Heißwasser

Beim Betrieb von Schlauchleitungen mit Dampf und Heißwasser (Temperatur >100 °C, Druck >1bar) ist zusätzlich zu den allgemeinen Hinweisen (siehe Betriebsanleitung) Folgendes zu beachten:

- Dampfschlauchleitungen aus Elastomeren möglichst nur für Satt-dampf (siehe Dampfdiagramm) einsetzen. Trockener, überhitzter Dampf schadet dem Schlauch und führt zur Verkürzung der Lebensdauer.
- Schrauben an Klemmfassungen regelmäßig auf festen Sitz prüfen. Besonders wichtig ist das beim Einsatz neuer Schläuche, da sich das Schlauchmaterial setzt.



### Auswahl des richtigen Dampfschlauches

#### 1. Bestimmung der erforderlichen Schlauchabmessung

Die Schlauchabmessung hängt im Allgemeinen von den vorhandenen Anschlüssen und Armaturen ab. Wichtig ist, dass man keinen Innendurchmesser wählt, der größer ist als der Durchmesser des Anschlusses.

#### 2. Ermittlung der gegebenen Betriebsdrücke und Temperaturen

Druck- und Temperaturwerte sind knapp vor den Armaturen abzunehmen.

#### 3. Ermittlung des Dampfzustandes (gesättigt oder überhitzt)

Die vorhandenen Druck- und Temperaturwerte sind mit dem obenstehenden Dampf-Diagramm zu vergleichen. Jeder Punkt der fettgedruckten Linie entspricht gesättigtem Dampf.

#### 4. Wahl des richtigen Schlauches

Aus dem Diagramm wird der Schlauch ermittelt, der den Anforderungen des Dampfzustandes und den vorhandenen Betriebsdrücken entspricht.

#### 5. Ermittlung der erforderlichen Länge

Die verlangte Länge hängt von der betreffenden Anwendung ab.

**WICHTIG!** Dampf kann gefährlich sein. Gehen sie stets auf Sicherheit und bleiben sie im Rahmen der aufgeführten Empfehlungen. Dampf und Wasser können nicht abwechselnd gefördert werden. Einbindungen sollen aus Sicherheitsgründen nur mit den dafür vorgesehenen Armaturen ausgeführt werden.

# Schlauchtechnik

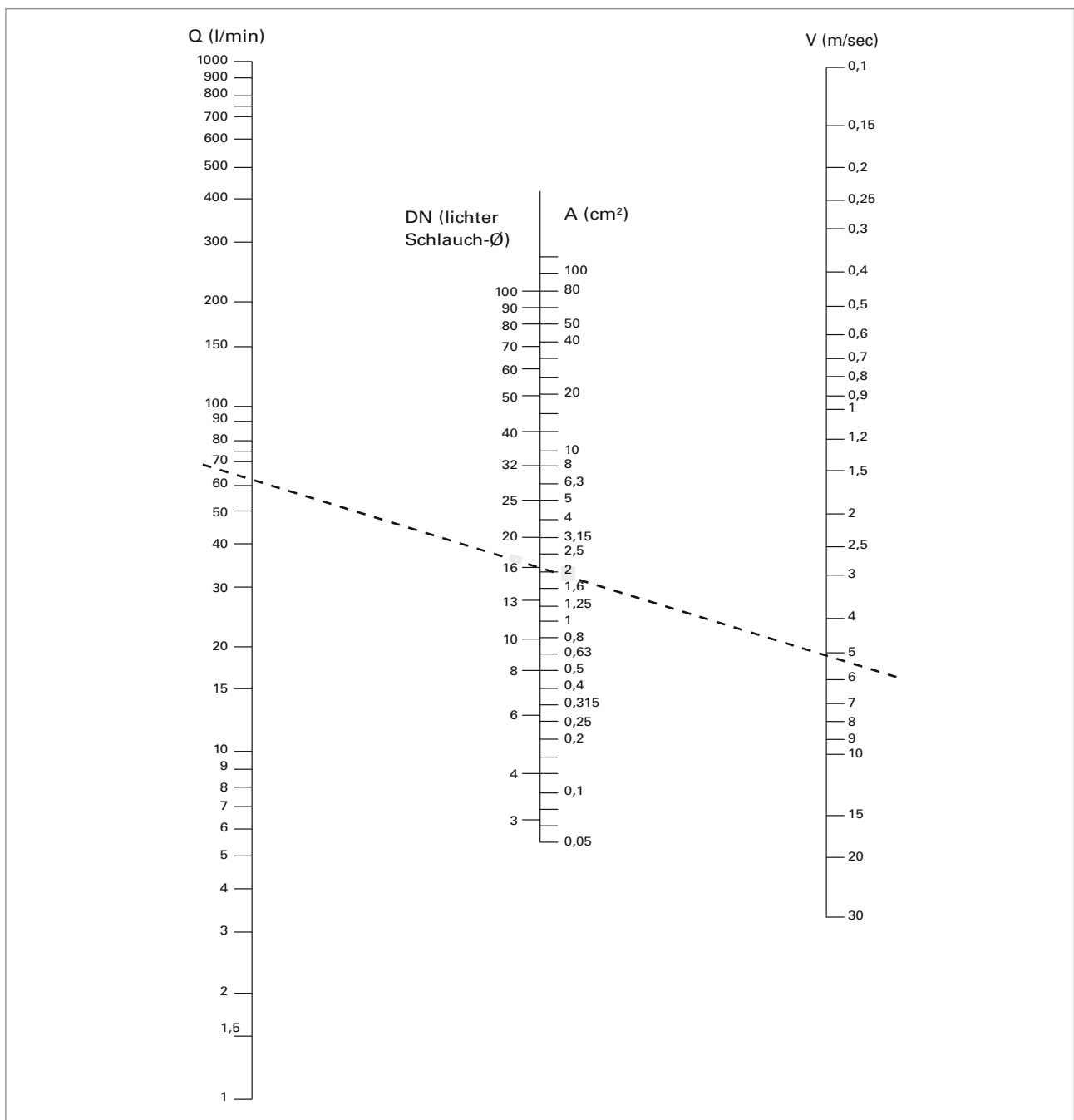
## Bestimmung der Schlauch-Nennweiten – Berechnungsbeispiel

- Q = Durchflussmenge l/min
- DN = Innendurchmesser des Schlauches in mm
- A = Fläche des Schlauchinnendurchmessers in cm<sup>2</sup>
- V = Durchflussgeschwindigkeit in m/sec

Durchflussgeschwindigkeit V = 5 m/sec  
 Durchflussmenge = 60 l/m

Die gerade Verbindungslinie zwischen den betreffenden Punkten auf den äußeren Skalen ergibt auf der mittleren Skala im Schnittpunkt einen lichten Schlauchdurchmesser von 16 mm.

Armaturen-Durchgang sowie Durchfließwiderstand von Anlossteilen und Rohrleitungen sind hierbei nicht berücksichtigt.



# Schlauchtechnik

## Zulässige Maßabweichungen DIN EN ISO 1307 und DIN 7715 Teil 40 Ergänzungen zu EN ISO 1307 für Gummi- und Kunststoffschläuche

### Schlauchmaße und Innendurchmessertoleranzen

Nennmaß	Kleinst- und Größt-Innendurchmesser mm							
	Typ A Herstellung mit festem Dorn		Typ B Herstellung mit beweglichem Dorn		Typ C Herstellung ohne Dorn (Standard Toleranz)		Typ D Extrudierter Kunststoff, Herstellung ohne Dorn (enge Toleranz)	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
3,2	3,2	3,8	N/A	N/A	N/A	N/A	3,0	3,4
4	4,0	4,8	4,0	4,8	3,4	4,6	3,7	4,3
5	4,6	5,4	4,6	5,4	4,2	5,4	4,7	5,3
6,3	6,2	7,0	6,2	7,0	5,6	7,2	6,0	6,6
8	7,7	8,5	7,7	8,5	7,2	8,8	7,7	8,3
10	9,3	10,1	9,3	10,1	8,7	10,3	9,7	10,3
12,5	12,3	13,5	12,3	13,5	11,9	13,5	12,2	12,8
16	15,5	16,7	15,5	16,7	15,1	16,7	15,7	16,3
19	18,6	19,8	18,6	19,8	18,3	19,9	18,4	19,6
20	19,6	20,8	19,6	20,8	19,3	20,9	N/A	N/A
25	25,0	26,4	25,0	26,4	24,2	26,6	24,4	25,6
31,5	31,4	33,0	31,4	33,0	30,2	33,4	30,9	32,1
38	37,7	39,3	37,7	39,3	36,5	39,7	37,4	38,6
40	39,7	41,3	39,7	41,3	38,5	41,7	N/A	N/A
50	49,4	51,0	N/A	N/A	48,1	51,6	N/A	N/A
51	50,4	52,0	N/A	N/A	49,1	52,6	50,2	51,8
63	63,1	65,1	N/A	N/A	61,5	65,5	62,2	63,8
76	74,6	77,8	N/A	N/A	74,2	78,2	75,0	77,0
80	78,6	81,8	N/A	N/A	78,2	82,2	N/A	N/A
90	87,3	90,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
100	100,0	103,2	N/A	N/A	99,4	103,9	N/A	N/A
125	125,4	128,6	N/A	N/A	124,8	129,3	N/A	N/A
150	150,4	154,4	N/A	N/A	150,2	154,7	N/A	N/A
160	N/A	N/A	N/A	N/A	162,9	167,4	N/A	N/A
200	200,7	205,7	N/A	N/A	200,2	206,2	N/A	N/A
250	251,0	257,0	N/A	N/A	251,0	257,0	N/A	N/A
305	301,8	307,8	N/A	N/A	301,8	307,8	N/A	N/A
315	314,5	320,5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
350	N/A	N/A	N/A	N/A	351,6	359,6	N/A	N/A
400	N/A	N/A	N/A	N/A	402,4	410,4	N/A	N/A

N/A = nicht anwendbar

### Längentoleranzen

Länge	Toleranzen
≤ 300	+/- 3 mm
> 300 bis 600	+/- 4,5 mm
> 600 bis 900	+/- 6 mm
> 900 bis 1200	+/- 9 mm
> 1200 bis 1800	+/- 12 mm
> 1800	+/- 1%

### Grenzmaße der Wanddicke

Wanddicke	Grenzabmaße
bis 3	+/- 0,4
über 3 bis 6	+/- 0,5
über 6 bis 10	+/- 0,6
über 10 bis 18	+/- 0,8
über 18 bis 30	+/- 1,0
über 30 bis 50	+/- 1,5



Maße in Millimeter.

Stand 10/2012

# Schlauchtechnik

## Wahl der richtigen Hydraulik-Schlauchleitung

### 1. Schlauchleitungen richtig auswählen

Hydraulik-Schlauchleitungen dienen der Kraftübertragung mittels Öldruck und bestehen aus flexiblen Hydraulikschläuchen, die an beiden Enden kraft- und formschlüssig mit Anschlussarmaturen versehen sind.

#### Vorschriften beachten

Aber auch gesetzliche und sonstige Bestimmungen müssen beim Einsatz von Hydraulik-Schlauchleitungen mit besonderer Sorgfalt beachtet und dem Hersteller bereits bei der Anfrage bekanntgegeben werden.

Über die Lebensdauer eines Hydraulik-Schlauches entscheidet in vielen Fällen auch die Einhaltung der Einbauvorschriften.

### 2. Schlauchleitungsgröße bestimmen

Der erforderliche Innendurchmesser einer Schlauchleitung wird bestimmt durch die Durchflussmenge und die gewählte Fördergeschwindigkeit.

#### Nicht zu klein dimensionieren

Zu klein dimensionierte Druckleitungen ergeben eine hohe Durchflussgeschwindigkeit des Mediums, wodurch infolge turbulenter Strömung erhebliche Druckverluste, Geräusche und erhöhte Temperaturen auftreten. Dies schadet dem gesamten System.

Falls zu kleine Ventilanschlüsse geringere Schlauchinnendurchmesser erfordern, empfehlen wir die Verwendung von Adaptern in Sprunggrößen, da es dann nur zu lokalen Verengungen im System kommt.

Eine maximale Durchflussgeschwindigkeit von 8 m/sec sollte nicht überschritten werden.

### 3. Dynamischer Betriebsdruck ist maßgebend

Hydraulik-Schlauchleitungen werden in der Praxis vorwiegend dynamisch beansprucht und sind in ihrer Belastbarkeit auf den höchstzulässigen Betriebsdruck ausgelegt, der für die jeweilige Schlauchtype und -dimension angegeben ist.

#### Sicherheitsfaktor 4:1

In der Regel beträgt der Betriebsdruck ein Viertel des ermittelten oder festgelegten Berstdrucks. Dieser Sicherheitsfaktor von 4:1 entspricht den SAE-, DIN- und EN-Vorschriften.

#### Dynamische Betriebsdrücke

Sind für fast alle Hydraulik-Systeme typisch. Der dynamische Betriebsdruck ist der Druck, der eine Hydraulikleitung am stärksten beansprucht.

#### Druckspitzen beachten

Bei Systemen, bei denen es zu ausgeprägten Druckspitzen kommt, sollte daher ein Schlauch mit höherer Druckstufe im Verhältnis zum tatsächlichen Betriebsdruck der Anlage gewählt werden.

### 4. Berstdruck darf nie erreicht werden

Die Angaben über den Berstdruck sind Mindestwerte und gelten nur für noch unbenutzte Schlauchleitungen.

Für den Anwender darf daher der Berstdruck eines Schlauches oder einer Schlauchleitung nur theoretische Bedeutung besitzen. Unter Bedachtnahme auf die an jede Anlage zu stellenden Sicherheitsanforderungen darf dieser in der Praxis nie – auch nicht annähernd – erreicht werden.

Es ist daher ein Irrtum, anzunehmen, dass vergleichbare Schläuche verschiedener Hersteller unter gleichen Betriebsbedingungen eine um so längere Lebensdauer haben, je höher die Wertangabe für den Berstdruck ist. Vom Konstrukteur sind daher die dynamischen Druckwerte zu berücksichtigen!

### 5. Hochdruckgassysteme ständig kontrollieren

Hochdruckgassysteme sind sehr gefährlich und erfordern regelmäßige Kontrollen.

Schlauchleitungen in Systemen dieser Art sollen dementsprechend gegen mechanische Beschädigungen sowie gegen chemische Einflüsse und Umwelteinflüsse geschützt werden.

Sie sind außerdem bei der Verlegung so zu sichern, dass der Schlauch bei einem Defekt nicht peitschen kann.

#### Außengummi geprickt

In jedem Fall muss bei Förderungen von gasförmigen Medien der Außengummi geprickt sein.

### 6. Prüfdruck als Sicherheitskontrolle

Die Schlauchleitungen werden statisch mit dem entsprechenden Prüfdruck geprüft, dabei dürfen weder Undichtheit noch Ausfall auftreten.

### 7. Temperatur beeinflusst Einsatzdauer

Die für Schläuche angegebenen Betriebstemperaturen beziehen sich auf die Maximaltemperatur des Mediums, wobei auch die Umgebungstemperatur berücksichtigt werden muss.

Dauerbetrieb bei hohen Temperaturen kann die Lebensdauer der Schlauchleitung sowie den sicheren Sitz der Armaturen beeinträchtigen.

#### Temperaturbeständigkeit medienabhängig

Schlauchleitungen können daher nicht für alle Medien im angegebenen Temperaturbereich eingesetzt werden. Im Zweifelsfall bitten wir um Rückfrage.

Wenn Hydraulik-Schlauchleitungen in Bezug auf Betriebsdruck, Biegeradius sowie Temperatur des Mediums und der Umgebung nicht dauernd im Grenzbereich beansprucht werden, kann man mit einer wesentlich höheren Lebensdauer rechnen.

# Schlauchtechnik

## Wahl der richtigen Hydraulik-Schlauchleitung

### 8. Längenänderungen berücksichtigen

Bei jedem Schlauch kommt es unter Betriebsdruck zu Längenveränderungen.

Laut Norm dürfen diese Werte bei maximalem Betriebsdruck zwischen -4% und +2% liegen.

Bei der Bestimmung der Nennlänge einer zu montierenden Schlauchleitung muss diese Längenveränderung – im Einzelfall – berücksichtigt werden.

### 9. Chemische Beständigkeit beachten

Sehr wesentlich bei der Auswahl einer Schlauchleitung ist auch die Beachtung der chemischen Beständigkeit des Innengummis in Bezug auf die Art und Konzentration des Mediums sowie der Umgebungstemperatur und der Dauer der zeitlichen Einwirkung.

Grundsätzlich ist der Innengummi gegen Hydraulikflüssigkeiten auf Mineral- oder Syntheseölbasis, gegen Glykol-Wassergemische sowie Öl-Wasseremulsionen, nicht jedoch gegen Phosphat-Ester-Flüssigkeiten (HFD) beständig.

### Siehe Beständigkeitsliste

Weitere Einzelheiten hinsichtlich der Beständigkeit gegenüber verschiedenen anderen Medien können der Beständigkeitsliste (siehe ab Seite 13/32) entnommen werden.

Diese Tabelle kann jedoch nur als Richtlinie für die chemische Beständigkeit angesehen werden. In Zweifelsfällen und bei möglicher Einwirkung des Mediums auf den Außengummi bitten wir um Rückfrage.

### 10. Biegeradius nicht unterschreiten

Die angegebenen Mindestbiegeradien gelten für den empfohlenen maximalen Betriebsdruck bei unbewegter Schlauchleitung.

Bei Unterschreitung des empfohlenen Mindestbiegeradius wird die Lebensdauer von Schlauchleitungen beeinträchtigt. In diesem Fall ist der Betriebsdruck herabzusetzen.

### 11. Impulstest prüft Belastbarkeit

Die härteste Prüfung für eine Schlauchleitung ist der Impulstest, der dem Einsatz in der Praxis sehr nahe kommt.

Von der Qualitätssicherung werden daher der Produktion ständig Proben entnommen, mit Armaturen montiert und pulsiert. Dadurch wird in der Serienproduktion eine gleichbleibende Fertigungsqualität sichergestellt.

Der Test besteht darin, dass die zu prüfende Schlauchleitung – bei einem in der Norm geforderten Mindestbiegeradius – einer periodisch wechselnden Belastung zwischen einem Spüldruck von ca. 10 bar und einem Druck, der 125% bzw. 133% des dynamischen Betriebsdruckes entspricht, belastet wird.

### Prüfung bis zu 400000 Lastwechsel

Unter diesen Bedingungen müssen je nach Schlauchtype mindestens 150000, 200000 bzw. 400000 Lastwechsel erreicht werden.

Weitere Angaben über Testmethoden und Qualitätserfordernisse, wie chemisch-physikalische Tests, Medienbeständigkeit, Alterungseigenschaften usw. können den Normen DIN EN 853, 854, 855, 856, 857 etc. entnommen werden.

### 12. Richtige Lagerung verlängert Lebensdauer

Schlauchleitungen und Schläuche unterliegen auch bei sachgemäßer Lagerung und zulässiger Beanspruchung einer natürlichen Alterung. Die Verwendungsdauer ist dadurch begrenzt.

Häufigste Ausfallursachen sind unsachgemäße Lagerung, mechanische Beschädigungen und unzulässige Beanspruchung.

Die Verwendungsdauer kann im Einzelfall entsprechend den Erfahrungswerten, abweichend von folgenden Richtwerten, festgelegt werden:

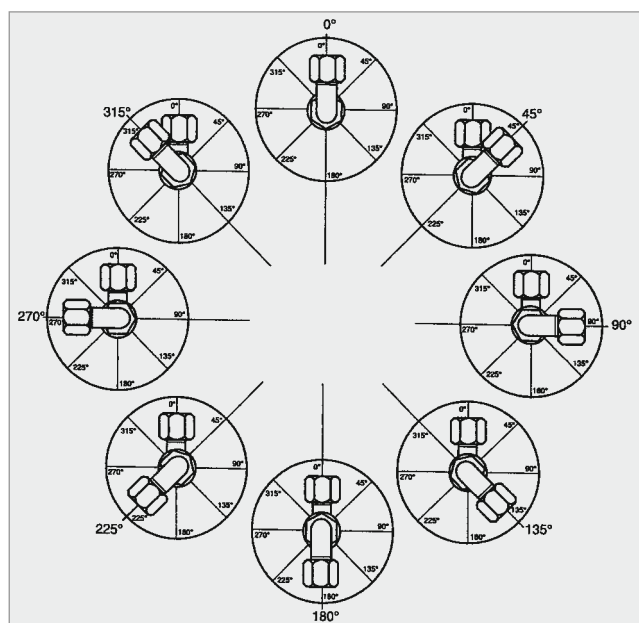
Bei Herstellung der Schlauchleitung sollte der Schlauch (Schlauchmeterware) nicht älter als vier Jahre sein.

Die Verwendungsdauer einer Schlauchleitung, einschließlich einer eventuellen Lagerdauer der Schlauchleitung, sollte sechs Jahre nicht überschreiten. Die Lagerdauer der Schlauchleitung sollte dabei zwei Jahre nicht überschreiten.

Nähere Angaben können der DIN 7716 entnommen werden.

### 13. Die Winkelstellung bei Schlauchleitungen mit beidseitigen Bogenarmaturen bitten wir wie folgt zu bestimmen:

Man blickt entlang der zu bezeichnenden Schlauchleitung, wobei die hintere, vom Körper entfernte Armatur nach oben zeigt. Dann gibt man an, um wieviel Grad die vordere Armatur im Uhrzeigersinn verdreht ist; Toleranz +/- 5°.



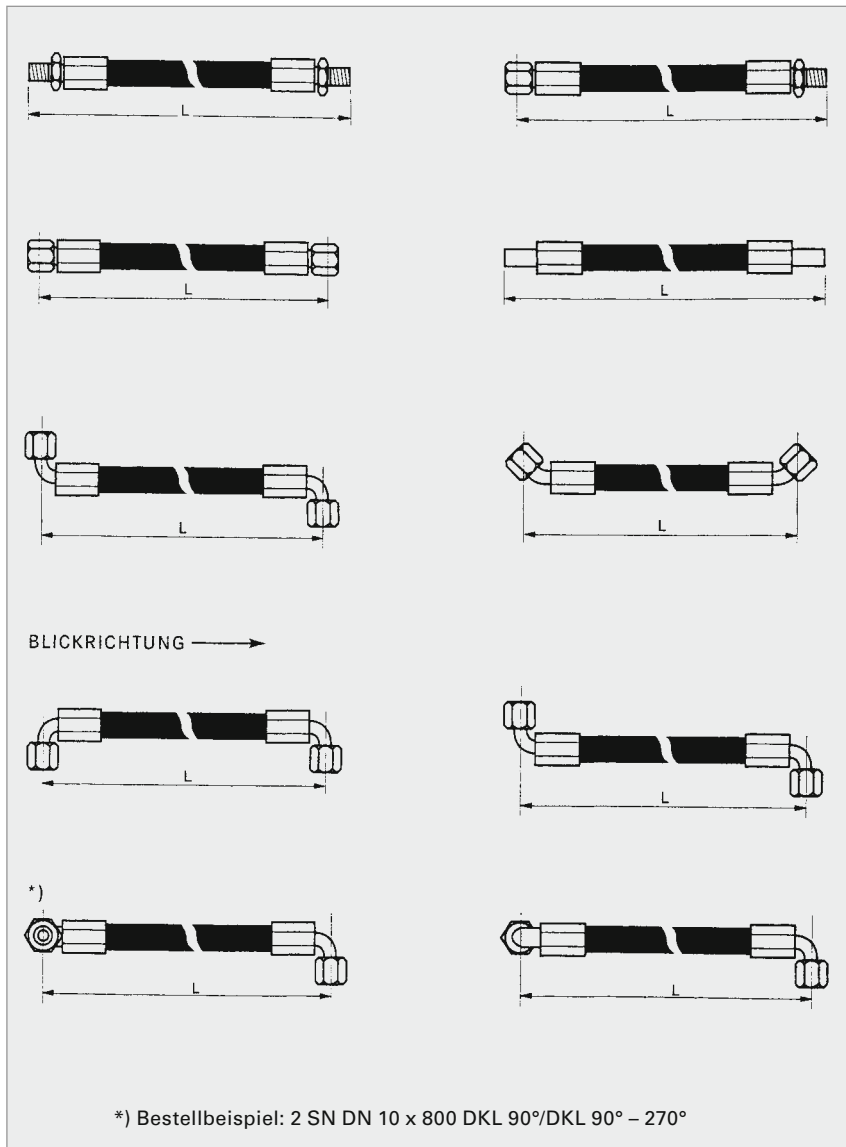
# Schlauchtechnik

## Längenbestimmung der Schlauchleitung

Längentoleranz bei montierten Schlauchleitungen (DIN 20066)

Länge mm	Toleranzen	
	≤ DN 25	≥ DN 25
bis 630	+7 mm	+12 mm
	-3 mm	-4 mm
über 630 – 1250	+12 mm	+20 mm
	-4 mm	-6 mm
über 1250 – 2500	+20 mm	+25 mm
	-6 mm	-6 mm
über 2500 – 8000		+1,5%
		-0,5%
über 8000		+3%
		-1%

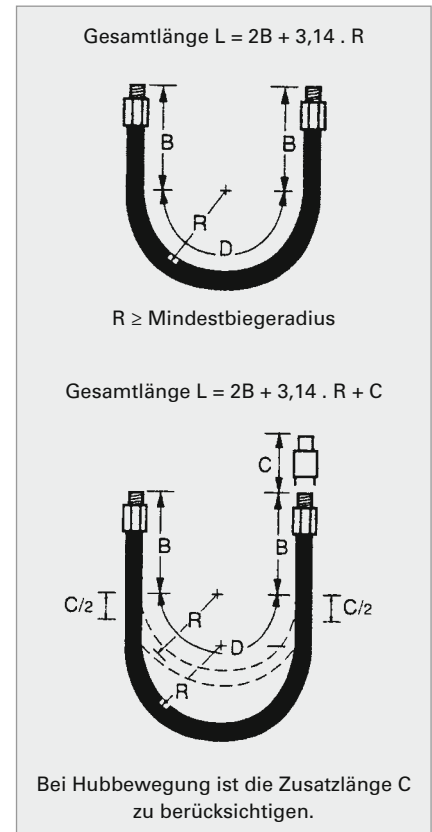
### Messbeispiele für Schlauchleitungen



### Ermittlung der Schlauchlänge

Die Lebensdauer von Schlauchleitungen erhöht sich bei ordnungsgemäßer Bemessung und Montage. Daher bitte folgende Hinweise beachten:

### Berechnung von fest installierten Leitungen



Aus nachstehender Tabelle ist in Abhängigkeit vom Durchmesser die mindest zu belassende Länge B hinter den Armaturenden einer Schlauchleitung zu entnehmen.

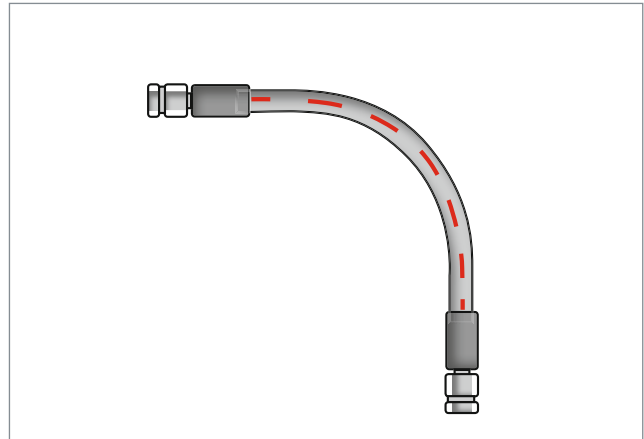
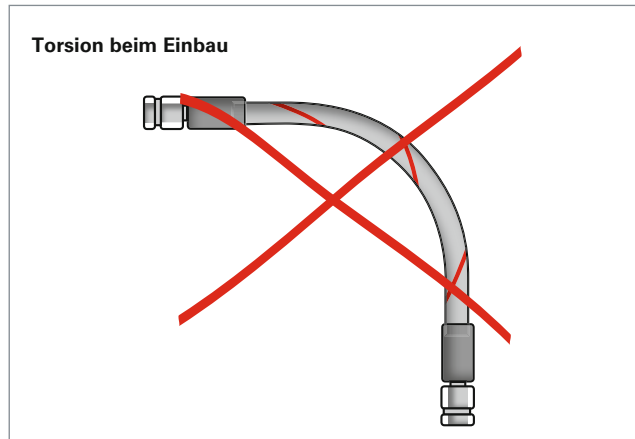
DN ø	6	8	10	12	16
B (mm)	90	100	110	120	130

DN ø	19	25	31	38
B (mm)	140	160	180	200

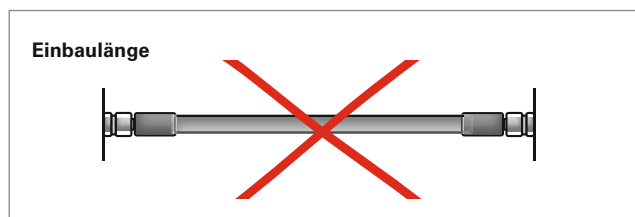
# Schlauchtechnik

## Einbauhinweise für Schlauchleitungen gemäß DIN 20066

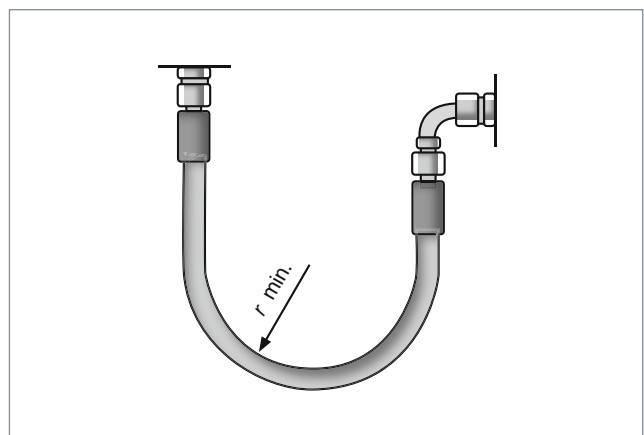
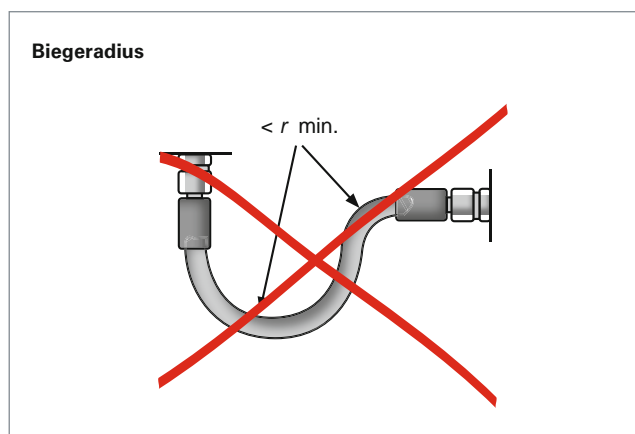
Um die Funktionsfähigkeit sicherzustellen und die Lebensdauer der Schlauchleitungen nicht durch zusätzliche Beanspruchung zu verkürzen, sind nachstehende Anforderungen zu berücksichtigen:



Ein Verdrehen des Schlauches ist zu vermeiden.



Schlauchleitungen müssen so eingebaut sein, dass in allen Betriebszuständen Zugbeanspruchung, ausgenommen Eigengewicht, entfällt.

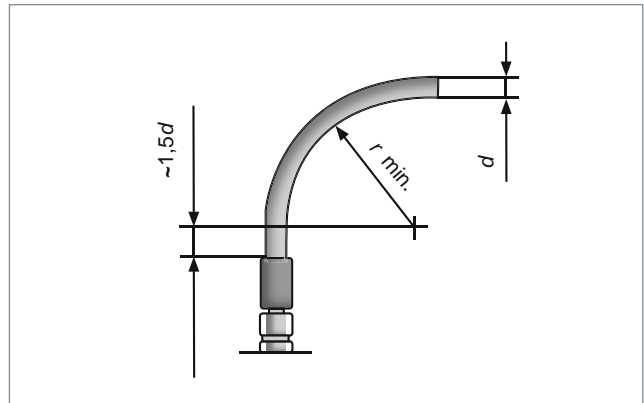
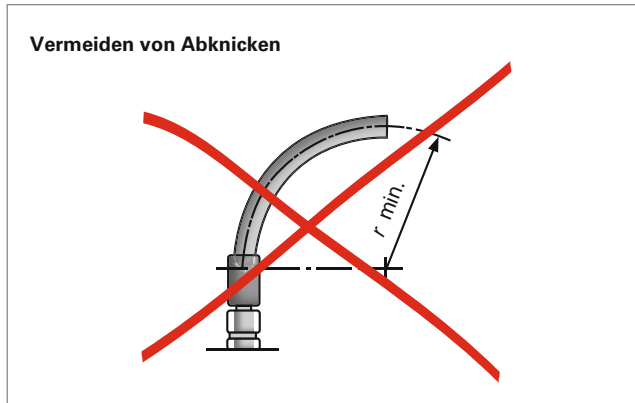


Schlauchleitungen sollten möglichst ihrer natürlichen Lage folgend eingebaut werden, wobei die kleinsten zulässigen Biegeradien nicht unterschritten werden dürfen.

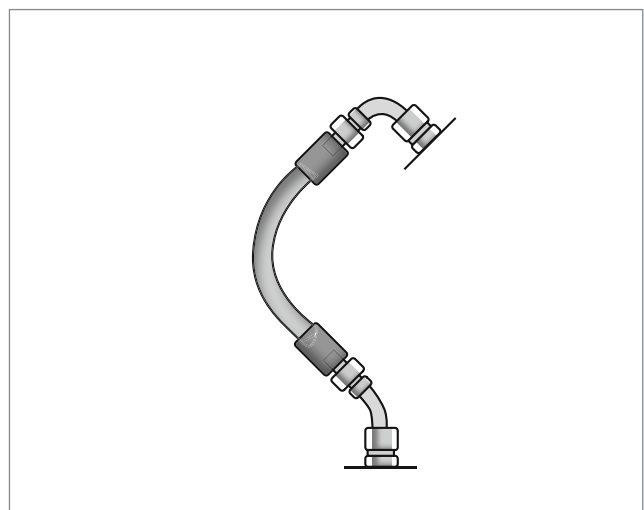
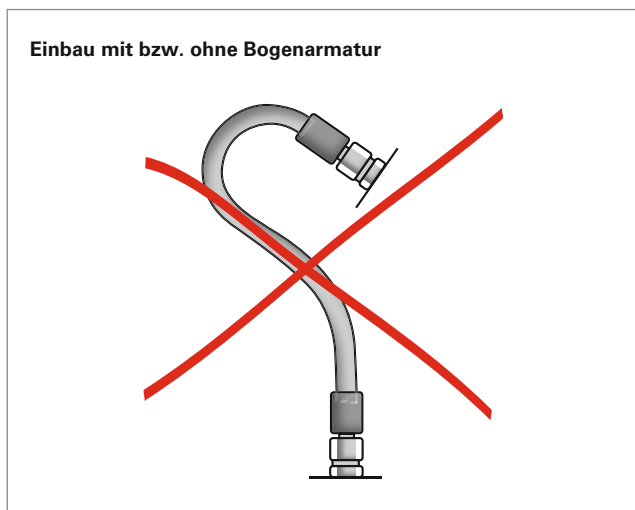


# Schlauchtechnik

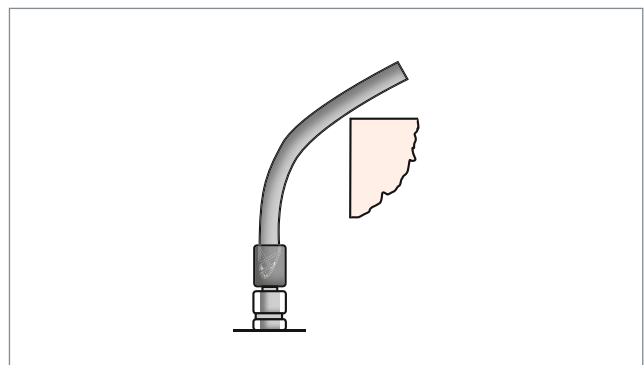
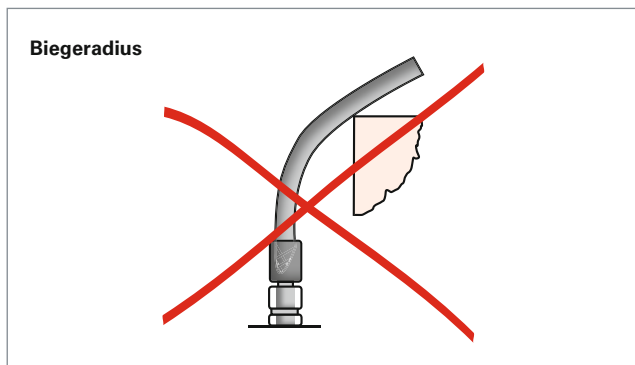
## Einbauhinweise für Schlauchleitungen gemäß DIN 20066



Bei gebogenem Einbau sollte die Schlauchleitungslänge so gewählt werden, dass die konstruktiv vorgesehene Biegung des Schlauches erst nach einer Länge von  $\approx 1,5 d_0$  beginnt; ggf. ist ein Knickschutz vorzusehen.



Durch Verwendung geeigneter Armaturen bzw. Verbindungsstücke wird eine zusätzliche Beanspruchung des Schlauches vermieden.

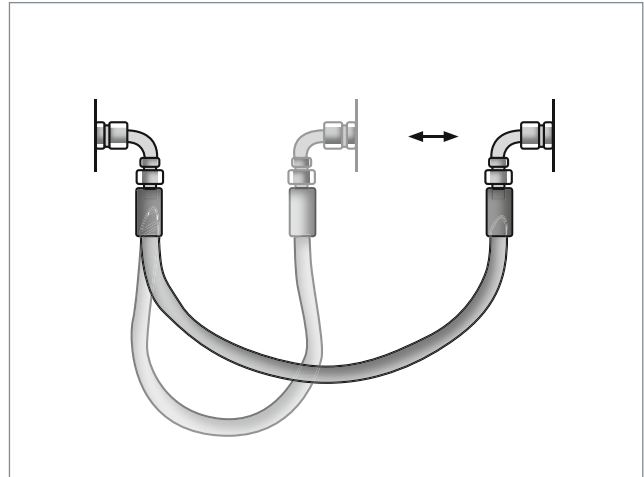
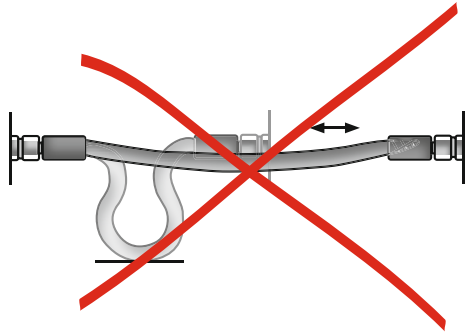


Zur Vermeidung äußerer Beschädigungen sind äußere mechanische Einwirkungen auf die Schlauchleitungen, auch das Scheuern der Schläuche an Bauteilen oder untereinander, durch zweckmäßige Anordnung und Befestigung zu verhindern. Soweit erforderlich, sind die Schläuche z. B. durch Schutzüberzüge zu sichern. Scharfkantige Bauteile sind abzudecken.

# Schlauchtechnik

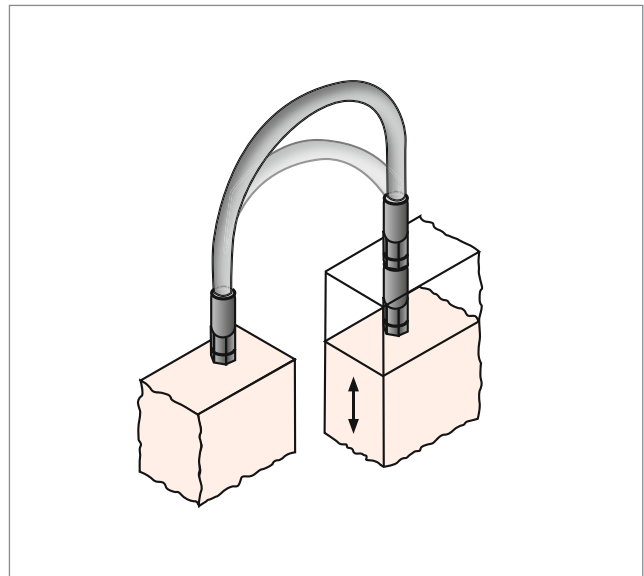
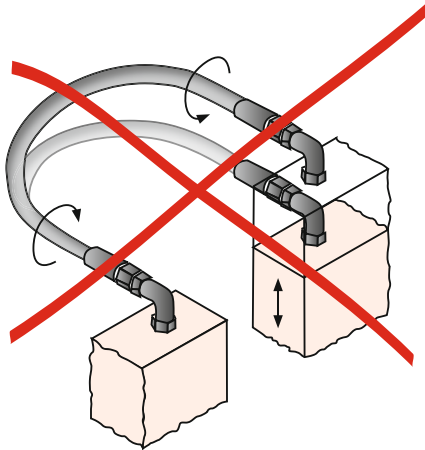
## Einbauhinweise für Schlauchleitungen gemäß DIN 20066

Vermeidung von Abrieb durch Wahl der geeigneten Schlauchlänge



Bei Anschluss einer Schlauchleitung an sich bewegende Teile muss die Schlauchlänge so bemessen sein, dass in dem gesamten Bewegungsbereich der kleinste zulässige Biegeradius nicht unterschritten und/oder die Schlauchleitung zusätzlich nicht auf Zug beansprucht wird.

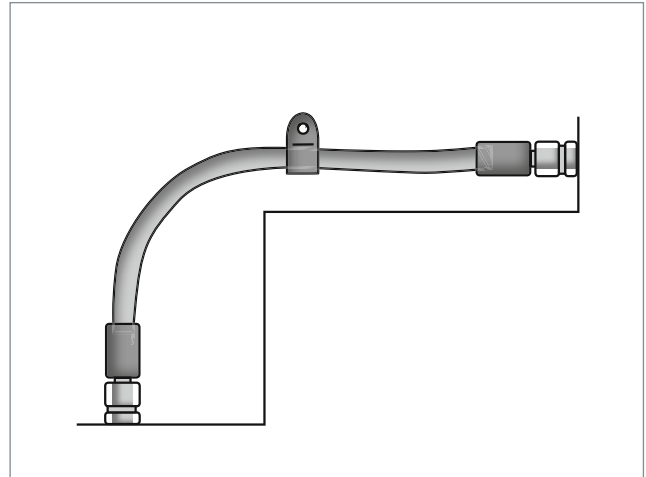
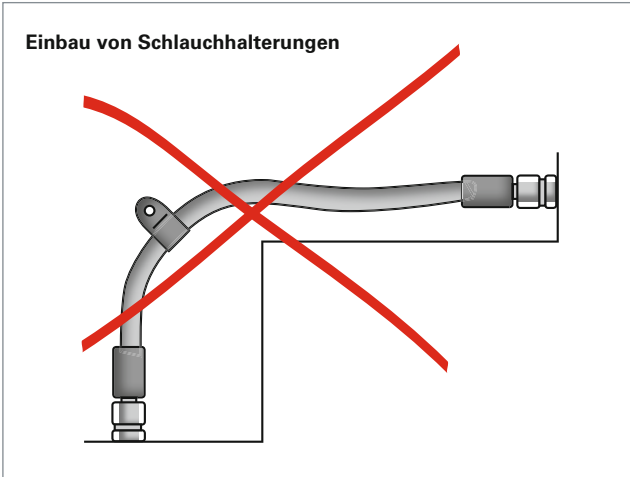
Vermeidung von Torsion durch geeignete Armaturen



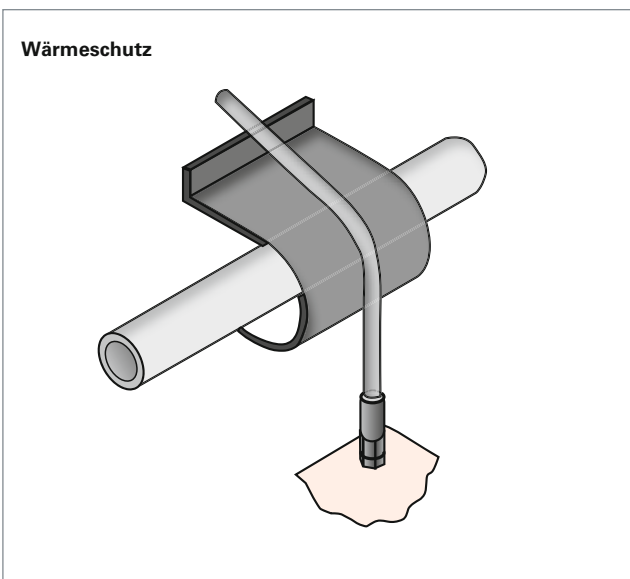
Bei Anschluss einer Schlauchleitung an sich bewegende Teile ist das Verdrehen des Schlauches zu vermeiden, wenn Bewegung und Biegung in der gleichen Ebene stattfinden. Dies ist durch geeigneten Einbau oder durch konstruktive Maßnahmen zu erreichen.

# Schlauchtechnik

## Einbauhinweise für Schlauchleitungen gemäß DIN 20066



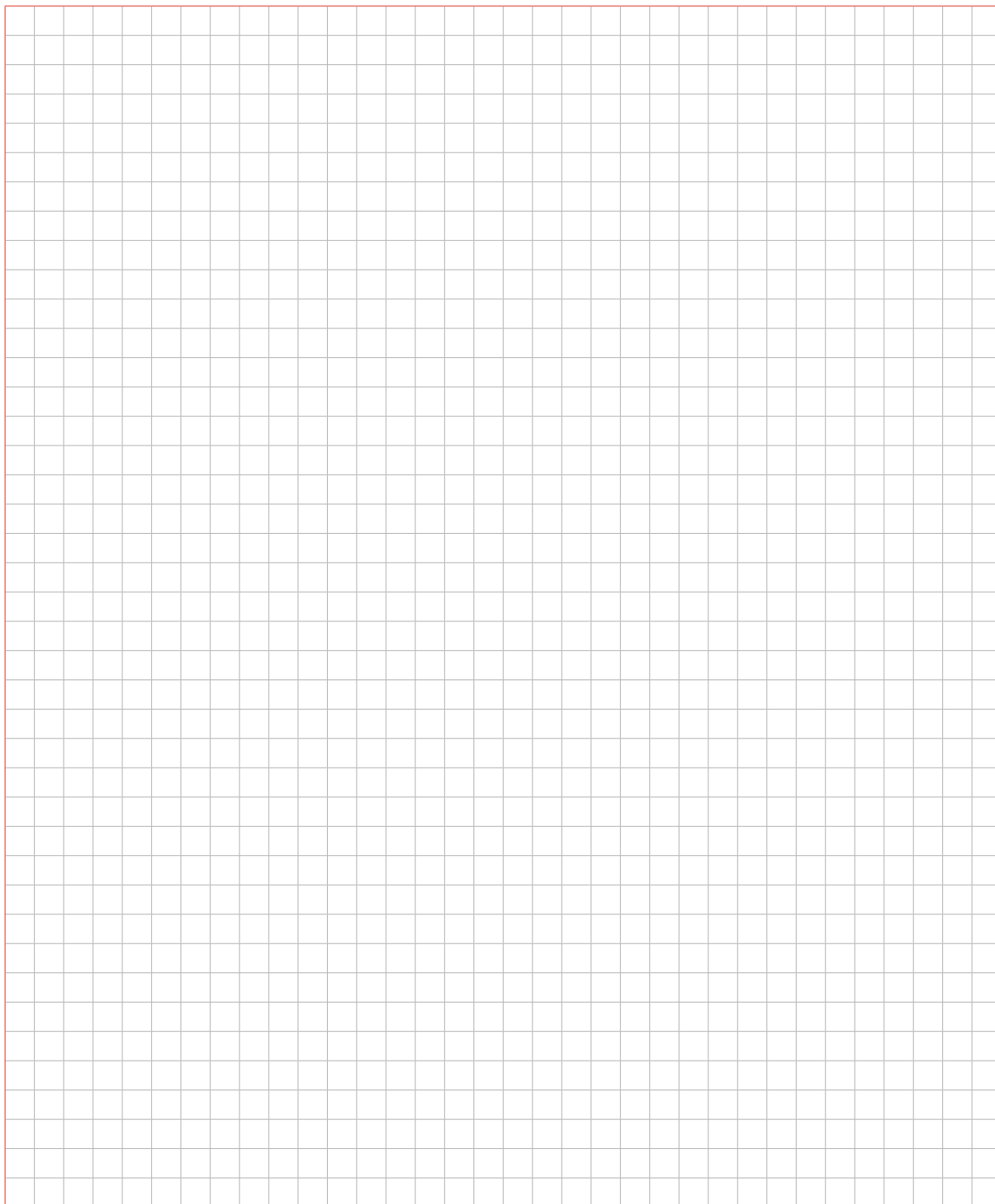
Schlauchhalterungen sind dort zu vermeiden, wo sie die natürliche Bewegung und Längenänderung des Schlauchs behindern.



Bei Auftreten von hohen Temperaturen von außen sind die Schlauchleitungen entweder in genügendem Abstand von wärmestrahlenden Bauteilen einzubauen oder durch geeignete Maßnahmen (Abschirmung) zu schützen.



# Notizen



Ergänzende Inhalte unter  
[www.reiff-tp.de](http://www.reiff-tp.de)



Nutzen Sie unsere Technik-App  
[www.reiff-tp.de/apps](http://www.reiff-tp.de/apps)

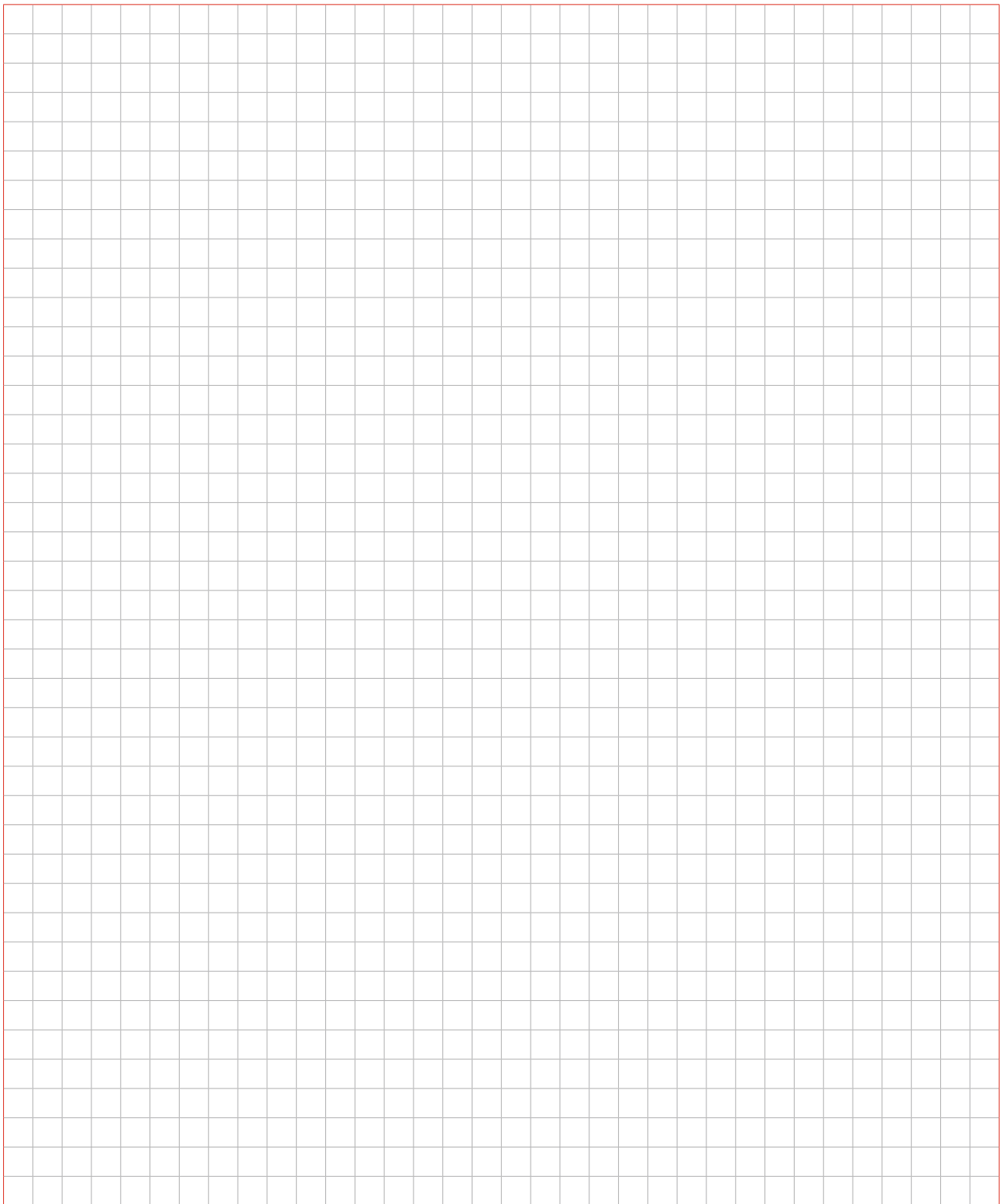


Bestellen Sie im Online-Shop  
[www.reiff-tpshop.de](http://www.reiff-tpshop.de)



Besuchen Sie uns auf facebook  
[www.facebook.com/reifftp](http://www.facebook.com/reifftp)

# Notizen



Ergänzende Inhalte unter  
[www.reiff-tp.de](http://www.reiff-tp.de)



Nutzen Sie unsere Technik-App  
[www.reiff-tp.de/apps](http://www.reiff-tp.de/apps)



Bestellen Sie im Online-Shop  
[www.reiff-tpshop.de](http://www.reiff-tpshop.de)



Besuchen Sie uns auf facebook  
[www.facebook.com/reifftp](http://www.facebook.com/reifftp)

